



J  
103  
H72

CANADA. PARL. C. DES C.  
COMITE SPECIAL DES  
RECHERCHES.

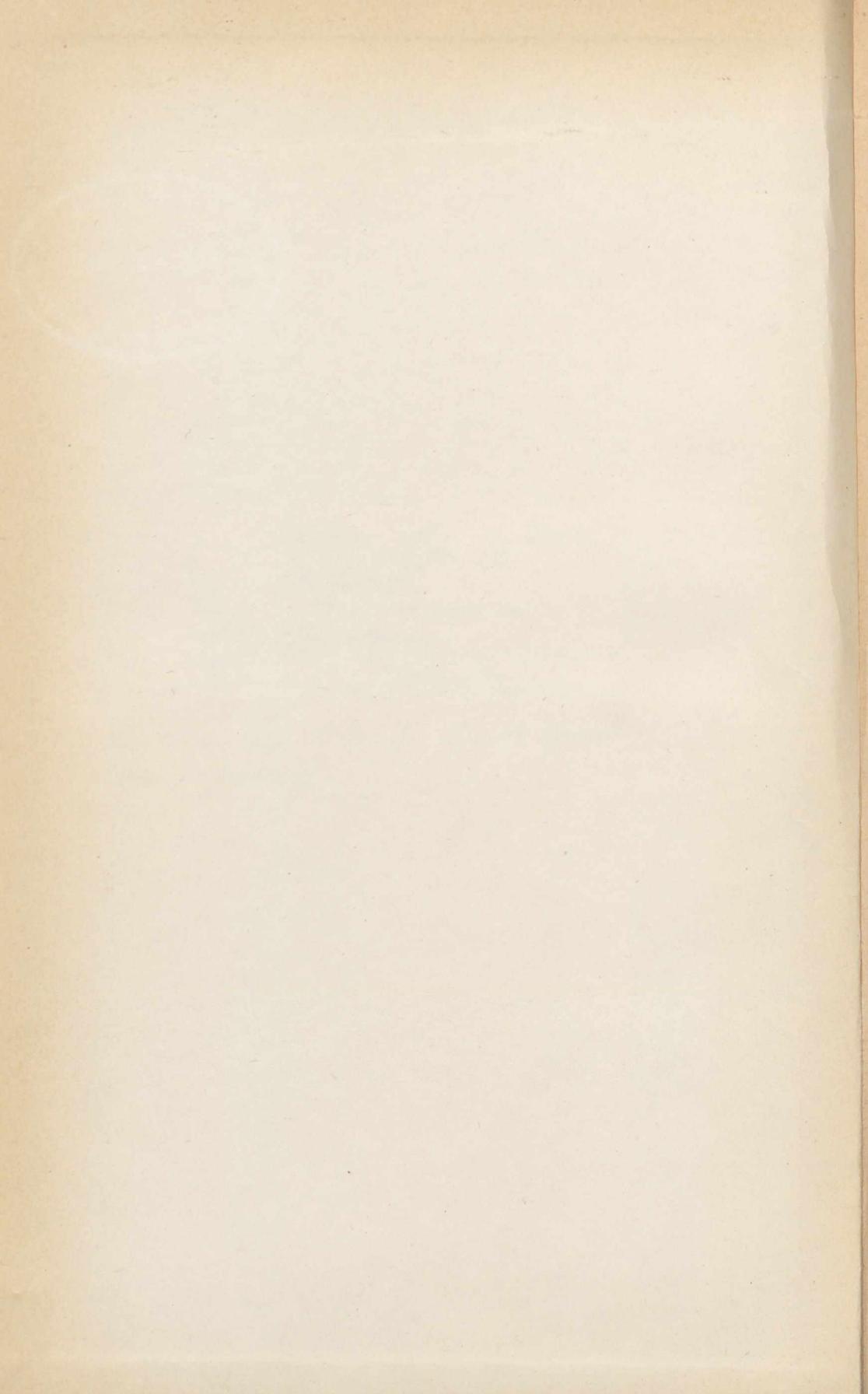
Procès-verbaux et  
1960/61 témoignages.

R4A4  
DATE  
v.2

NAME - NOM

*Canada. Parl. C. des C. Comité spécial  
des recherches.*

J  
103  
H72  
1960/61  
R4  
R4  
V.2



CHAMBRE DES COMMUNES

Quatrième session de la vingt-quatrième législature

1960-1961

---



COMITÉ SPÉCIAL  
DES

# RECHERCHES

*Président: M. J. W. MURPHY*

---

PROCÈS-VERBAUX ET TÉMOIGNAGES

Fascicule 17

---

*ATOMIC ENERGY OF CANADA LTD.*

---

SÉANCE DU MARDI 2 MAI 1961

---

TÉMOIN:

*M. J. L. Gray, président de l'Atomic Energy of Canada Limited*

ROGER DUHAMEL, M.S.R.C.  
IMPRIMEUR DE LA REINE ET CONTRÔLEUR DE LA PAPETERIE

OTTAWA, 1961

25038-1-1

COMITÉ SPÉCIAL DES RECHERCHES

Président: M. J. W. Murphy  
Vice-président: M. C. A. Best  
et MM.

Aiken  
Batten  
Bissonnette  
Bourget  
Brunsdén  
Coates

Drysdale  
Dumas  
Forgie  
Godin  
Martel  
McIlraith

Nielsen  
Nugent  
Pitman  
Robinson  
Slogan  
Stewart

Le secrétaire du comité,  
J. E. O'Connor.

## PROCÈS-VERBAL

MARDI 2 mai 1961

(19)

Le Comité spécial des recherches se réunit à 9 h. 45 du matin sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents:* MM. Aiken, Drysdale, Forgie, Godin, McIlraith, Murphy, Nielsen, Nugent et Robinson.—(9)

*Aussi présents:* De l'*Atomic Energy of Canada Limited*: MM. J. L. Gray, président et D. Watson, secrétaire.

Le président présente M. Gray qui dépose un exemplaire de l'exposé qu'il a soumis au Comité lors de la dernière session du Parlement.

*Il est convenu*—d'imprimer comme annexe «A» au compte rendu des délibérations d'aujourd'hui les 29 premières pages de l'exposé de M. Gray.

Le témoin analyse une partie de son exposé de l'année dernière et apporte des commentaires à jour sur l'activité de la société.

On montre aux membres des photographies des travaux de Douglas Point et on leur distribue des exemplaires d'un tableau révisé des cadres. (Voir l'annexe «B».)

M. Gray répond en détail à trois questions dont il avait été mis au courant par M. Robinson. Il est en outre interrogé sur l'activité de l'*Atomic Energy of Canada Limited* en matière de développement technique et de travaux d'énergie et de recherches.

Le voyage à Chalk River que les membres du Comité se propose de faire le jeudi 4 mai et le vendredi 5 mai est commenté et le témoin fournit des détails sur les arrangements conclus en prévision de ce voyage.

Des exemplaires d'une communication du docteur C. J. Mackenzie au *Chemical Institute of Canada*, intitulée «*The Significance of the Recent Scientific Explosion*» sont distribués aux membres.

A 10 h. 45 du matin, le Comité s'ajourne au jeudi 4 mai 1961, à 9 h. 30 du matin.

*Le Secrétaire du Comité,*  
J. E. O'Connor.



## TÉMOIGNAGES

MARDI 2 mai 1961.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, veuillez m'excuser d'être en retard. Ce matin, nous avons avec nous M. Gray. Avez-vous une déclaration à faire, monsieur Gray? Au cours de la dernière session du Parlement, M. Gray a présenté un exposé au Comité.

M. ROBINSON: Monsieur le président, si vous voulez bien m'accorder votre attention pendant quelques instants, je dirai que personnellement je suis très honoré de la présence parmi nous ce matin d'un personnage de réputation internationale. Permettez-moi de vous dire que sa présence m'intéresse particulièrement, puisque notre région a été choisie pour y établir une grande entreprise reliée à la production d'énergie nucléaire. Avec votre permission, je désire consigner au compte rendu trois questions auxquelles M. Gray pourra peut-être répondre.

Voici la première question: Plairait-il à M. Gray de prédire comment le prix de l'énergie électrique de CANDU se comparera avec celui de l'énergie qui provient des centrales d'énergie chauffées au charbon?

Est-ce que M. Gray peut nous dire comment on se débarasse des déchets atomiques de la centrale de CANDU et quels dangers, si danger il y a, comporte l'enlèvement de ces déchets?

M. Gray pourrait-il nous dire si l'on projette à l'heure actuelle la construction d'une seconde usine à CANDU?

Le PRÉSIDENT: Je ne sais pas ce que contient l'exposé de M. Gray—personne d'autre non plus. Avez-vous, monsieur Gray, des exemplaires de votre exposé que nous pourrions distribuer aux membres du Comité?

M. J. L. GRAY (*président de l'Atomic Energy of Canada Limited*): J'ai des exemplaires de l'exposé que nous avons présenté l'année dernière. En ce moment, permettez-moi de commencer par ce bref résumé qui met à jour l'exposé de l'année dernière. J'aimerais faire distribuer des exemplaires de l'exposé de l'année dernière qui se trouve, naturellement, dans le *Hansard*.

Le PRÉSIDENT: Vous en avez des exemplaires, monsieur Gray?

M. GRAY: Je n'en ai que deux ou trois. Il s'agit d'un bref exposé.

M. McILRAITH: Monsieur le président, comme l'exposé de l'année dernière était assez long, je me demande s'il y aurait lieu de le faire réimprimer de façon qu'on le trouve dans les témoignages de cette année.

Le PRÉSIDENT: Ce serait une excellente idée. Cela convient-il au Comité?

M. McILRAITH: Cela pourrait peut-être se faire sous forme d'annexe que l'on pourrait consulter.

Le PRÉSIDENT: Comme le Comité compte de nouveaux membres, je pense que ce serait une bonne idée, si tout le monde est d'accord, de joindre le rapport de l'année dernière à notre compte rendu, sous forme d'annexe.

M. AIKEN: Tout faire imprimer?

M. NIELSEN: Ce rapport serait incorporé aux témoignages à titre d'annexe. Cela ne vous semble-t-il pas onéreux que de faire imprimer le rapport intégral?

M. GRAY: Permettez-moi de suggérer de ne faire imprimer dans le *Hansard* que le premier cinquième du rapport. Le reste se compose d'annexes que je n'estime pas nécessaires.

M. McILRAITH: Nous disons jusqu'à la page 29.

Le PRÉSIDENT: Est-ce convenu?

Assentiment.

M. McILRAITH: Monsieur le président, est-ce que la nature de cet annexe serait indiquée de façon appropriée?

M. GRAY: Permettez-moi de commencer par mettre brièvement notre exposé à jour.

Le PRÉSIDENT: Allez-vous inclure dans la première partie de votre rapport de l'année dernière l'exposé que vous avez présenté au Comité spécial des recherches de la Chambre des communes?

M. DRYSDALE: Auriez-vous l'obligeance de nous indiquer dans les comptes rendus du Comité des recherches les pages où figure l'exposé de l'année dernière?

M. GRAY: De la page 173 à la page 192 inclusivement. (Dans la version française, de la page 11 à la page 33 inclusivement.)

Le PRÉSIDENT: Ce rapport comprendra les pages 1 à 29 inclusivement.

M. GRAY: Si je faisais une brève mise à jour, vous désiriez peut-être faire quelques annotations.

*Page 178 (16 en français dans le fascicule 7, 1960), paragraphe 25*—L'école de science nucléaire mentionnée dans la dernière phrase étendra la durée de ses cours à une période de six mois, à compter du mois de septembre de cette année. Les deux premiers cours de cette école sont terminés. Malgré le succès qu'ils ont eu, ceux qui y prennent part et les organismes qui les subventionnent ont demandé qu'ils soient prolongés.

*Page 179 (18 en français), paragraphe 30*—Le ministre des Affaires des anciens combattants est maintenant président du Comité du Conseil privé pour les recherches scientifiques et industrielles.

*Page 179 (18), paragraphe 34*—J'ai mentionné un tableau représentant l'organisation de l'A.E.C.L. Je désire soumettre en annexe à l'exposé une reproduction du dernier tableau. La principale modification réside dans le remplacement de la division de la mise en service des réacteurs par la Division Whiteshell.

*Page 180 (19), paragraphe 42*—Des changements se sont produits dans l'effectif de la société. Au 31 mars 1961, il comptait au total 2,848 personnes réparties de la façon suivante:

|   | Catégorie<br>profes-<br>sionnelle | Catégorie<br>non profes-<br>sionnelle | Personnel<br>rémunéré<br>à l'heure | Total |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------|
| Bureau principal à<br>Ottawa .....                        | 4                                 | 4                                     | —                                  | 8     |
| Chalk River .....   | 405                               | 854                                   | 1,138                              | 2,397 |
| Division des centrales<br>nucléaires à To-<br>ronto ..... | 71                                | 122                                   | —                                  | 193   |
| Division des produits<br>commerciaux à Ot-<br>tawa .....  | 55                                | 119                                   | 76                                 | 250   |
| Total .....   | 535                               | 1,099                                 | 1,214                              | 2,848 |

Il convient de faire une ou deux observations sur les remaniements de personnel. Bien que l'augmentation totale du personnel ait été de 136, soit 5 p. 100, la catégorie professionnelle a diminué à Chalk River. Cette diminution est partiellement attribuable à des mutations d'employés à la Division des centrales nucléaires à Toronto (NPPD), mais surtout au fait que des employés des divisions scientifiques qui acceptent ailleurs des postes du même genre ou qui vont à l'université ne sont pas remplacés. Le recrutement d'employés de statut professionnel a donné d'assez bons résultats; nous prévoyons qu'au milieu de l'été nous aurons environ 435 employés de cette catégorie à Chalk River. L'augmentation la plus importante a été évidemment à la NPPD, à Toronto, où l'on travaille activement à la mise au point et à la réalisation d'une centrale nucléaire de première importance.

Page 181 (20), paragraphe 44—Nous avons conclu avec les syndicats d'employés à taux régnants de Chalk River un contrat de deux ans qui expirera le 31 mars 1963 et nous sommes presque arrivés à une entente avec les employés à taux régnants de notre division des produits commerciaux ici à Ottawa. Nous avons presque terminé les négociations avec le syndicat des techniciens et nous entamerons des pourparlers avec le syndicat des dessinateurs en septembre.

Page 184 (24), paragraphe 65—La centrale NPD-2 n'entrera pas en service au milieu de l'été ainsi que nous l'avions prédit, en raison de la livraison tardive de certaines pièces importantes. La fabrication d'une partie du matériel a été plus difficile que nous ne l'avions prévue et, vu qu'il s'agit de notre première centrale d'énergie nucléaire, nous n'avons pas relâché la rigidité de nos prescriptions et de nos programmes d'inspections, ce qui a eu pour effet de retarder de près de six mois la fin des travaux de construction. Nous espérons que les premiers essais pourront se commencer cet automne et que le réacteur fonctionnera avant la fin de l'année. Selon toute probabilité, il sera en plein fonctionnement à peu près à cette époque l'année prochaine.

Page 185 (25), paragraphe 66—Les travaux vont bon train à la centrale de Douglas Point où les fondations du réacteur ont été coulées. Le coût estimatif total demeure inchangé, bien que dans certaines régions déterminées il y ait eu des augmentations et des diminutions. Nous sommes plus que jamais convaincus que ce genre de centrale est celui qui convient le mieux au Canada aujourd'hui. Je puis prévoir que l'intérêt qui se manifeste de plus en plus dans d'autres parties du monde pour cette installation atteindra des proportions vraiment considérables lorsque celle-ci se sera révélée efficace.

Je vais maintenant faire circuler quelques photographies de la centrale de Douglas Point qui démontreront que les travaux sont en cours.

Page 185 (25), paragraphe 67—La mise au point du projet OCDRE (réacteur expérimental à refroidisseur organique et ralentisseur d'eau lourde) a été poussée plus loin, de façon qu'elle comporte une étude préliminaire de la centrale et le coût estimatif détaillé de celle-ci préparés par la *Canadian General Electric Company Limited*. Cette étude qui nous a été soumise hier sera soigneusement analysée par notre personnel et les directeurs de nos compagnies. Il est possible que nous recommandions au Gouvernement la construction d'une centrale de ce genre. Peut-être aussi déciderons-nous qu'il serait plus prudent de concentrer nos efforts sur les travaux de développement se rapportant aux refroidisseurs organiques et de poursuivre les travaux de mise au point détaillée jusqu'à ce que nous comprenions mieux un plus grand nombre de faits inconnus. Nous serons plus en mesure d'en arriver à une décision lorsque nous aurons étudié le rapport.

Page 187 (27), paragraphe 75—La construction du CIR (Canada-India reactor) est terminée et la centrale a été cédée au département indien de l'énergie atomique. Elle a fonctionné de façon très efficace à faible puissance, mais son fonctionnement à haute puissance a été retardé par suite de la formation de limon dans le premier circuit de refroidissement. M. H. J. Bhabha m'a informé au cours d'une réunion à New York, le 13 avril, qu'ils étaient assez satisfaits de la solution proposée pour lutter contre la formation de limon dans le circuit et qu'ils espéraient un fonctionnement normal dès que certaines modifications auraient été apportées à leurs circuits d'amenée du combustible. La modification consiste simplement à remplacer le revêtement en aluminium par un revêtement plus épais, ce qui aide à enrayer la corrosion. Comme nous avons travaillé avec le personnel indien à la solution de ce problème, nous approuvons les mesures qui ont été proposées. Maintenant parachevée, la centrale CIR constitue un élément important et impressionnant d'un des établissements de recherche nucléaire les plus intéressants au monde qui dote l'Inde et le Sud-Est de l'Asie d'un des meilleurs réacteurs de recherche et d'étude technique que l'on puisse trouver aujourd'hui.

Notre personnel de Chalk River a fait une meilleure mise à jour de mon exposé de l'année dernière. J'espère que vous aurez l'occasion de visiter cet établissement et de vous entretenir avec le personnel du travail qu'il y accomplit.

Monsieur le président, ceci met passablement à jour mon exposé de l'année dernière.

Le PRÉSIDENT: Vous avez entendu l'exposé supplémentaire de M. Gray. Peut-être désirez-vous lui poser quelques questions maintenant.

M. GRAY: M. Robinson a eu la bonté de m'informer des questions qu'il a à poser; je suis donc prêt à y répondre. Je répète les questions.

#### Question n° 1

Monsieur le président, permettez-moi de demander à M. Gray de bien vouloir nous dire comment le prix de l'énergie électrique de CANDU se comparera avec celui de l'énergie qui provient des centrales d'énergie chauffées au charbon.

#### Réponse

Le coût unitaire de l'énergie provenant d'une grande centrale d'énergie du réseau de l'*Ontario Hydro* chauffée au charbon des États-Unis ayant un coefficient thermique de 0.8 est de 5 millièmes de kilowatt-heure.

Le coût unitaire de l'énergie provenant de la centrale de Douglas Point dépend d'un certain nombre de facteurs que l'on ne connaîtra que lorsque la centrale sera terminée, comme par exemple, les frais réels de premier établissement, les intérêts réels pendant la construction, le taux d'intérêt à vie en vigueur lorsque commencera l'exploitation et l'exploitation même. On estime cependant que si la centrale fonctionne à un coefficient thermique de 0.8 dans le réseau de l'*Ontario Hydro*, il produira de l'énergie qui coûtera de 6 à 7 millièmes le kilowatt-heure. Ce prix de revient de l'énergie s'explique par le coût relativement élevé de la mise au point et de l'étude que nécessite la construction d'une première centrale d'énergie nucléaire de grande envergure. Quelques-unes de ses installations qui ont des dimensions supérieures à la moyenne de CANDU seront en service à une centrale à deux réacteurs, car celle de Douglas Point a été conçue de façon qu'on puisse à une date ultérieure y ajouter un second réacteur et une génératrice à turbine. L'addition de ce deuxième élément réduirait le prix de revient net de l'énergie de 12 à 15 p. 100 pour toute la centrale. Et cela seul abaissera le coût de l'énergie à 5 ou 6 millièmes.

On peut s'attendre que les centrales subséquentes du type CANDU coûteront moins cher une fois le travail de mise au point terminé et qu'en tant que

techniciens et producteurs nous pourrions apprendre par expérience comment économiser sur le prix des éléments composants. Par conséquent, nous sommes persuadés que les centrales CANDU de la prochaine génération feront une concurrence assez forte aux usines d'énergie chauffées au charbon dans un réseau comme celui de l'*Ontario hydro*. On peut envisager un prix de revient de l'énergie de plus en plus bas au cours des années d'exploitation d'un réacteur comme le CANDU, au fur et à mesure que nous améliorerons les éléments des combustibles techniquement et en diminuerons le prix par une production accrue et fondée sur l'expérience. D'autre part, le prix du charbon aura plus tendance à augmenter qu'à diminuer au cours des trente prochaines années.

#### Question n° 2

Est-ce que M. Gray nous dirait comment on se débarrasse des déchets atomiques de la centrale de CANDU et quels dangers, si danger il y a, comporte l'élimination de ces déchets?

#### Réponse

Un très fort pourcentage des matières radioactives qui se forment pendant le fonctionnement d'un réacteur nucléaire provient de la fission des éléments du combustible. L'une des caractéristiques intéressantes des réacteurs canadiens c'est que pouvant extraire du carburant une quantité relativement élevée d'énergie, nous pouvons nous en débarrasser plus économiquement comme déchet que de lui faire subir d'autres opérations en vue de récupérer le reste du carburant. Lorsque les éléments du combustible sont enlevés du réacteur de Douglas Point, ils seront emmagasinés tels quels dans une tranchée remplie d'eau. Une tranchée de 25 pieds sur 64 suffit à l'emmagasinage de tout le combustible consommé sur une période de vingt-cinq ans dans deux réacteurs CANDU d'une puissance totale de 400,000 kilowatts. Les produits de fission radioactifs sont emmagasinés, de façon à ne présenter aucun danger dans une épaisse matrice en  $UO_2$  anticorrosif à l'intérieur d'une enveloppe en zircaloy dont la corrosion ne devrait pas dépasser un millième de pouce par siècle.

La récupération du combustible inutilisé (comme d'autres pays projettent de la pratiquer) exige un procédé chimique de séparation selon lequel tous les produits de fission extrêmement radioactifs, au lieu d'être contenus dans des éléments de combustible solides, se présentent sous la forme liquide en quantités qui posent un problème difficile et onéreux lorsqu'il s'agit de se débarrasser de ces déchets.

Lors même qu'à Douglas Point, la masse des matières radioactives sera contenue dans la fosse d'emmagasinage du combustible utilisé de façon à ne présenter aucun danger, une partie de ces matières exigeront une manipulation spéciale. La centrale de Douglas Point est dotée de toutes les installations nécessaires qui permettent, en toute sécurité, de manipuler ces substances radioactives ou de s'en débarrasser. Les dimensions du matériel, des réservoirs et des installations sont prévues pour le fonctionnement d'une centrale d'énergie à deux réacteurs et l'exécution des importants travaux d'entretien et de réparation qui peuvent se présenter. Les déchets radioactifs peuvent se diviser en trois catégories générales, les déchets liquides, les déchets solides et les déchets gazeux.

#### Les déchets liquides

Les déchets radioactifs liquides peuvent se subdiviser en trois catégories:

1. déchets liquides virtuellement radioactifs
2. déchets liquides radioactifs
3. déchets liquides chimiques radioactifs

Les déchets liquides virtuellement radioactifs proviennent du lavage des blouses et autres vêtements de coton ainsi que des salles de douches et de lavabos mises à la disposition du personnel des centrales. Les déchets liquides radioactifs proviennent de sources telles que les rigoles d'écoulement des dalles de la centrale et des bâtiments abritant les divers services, ainsi que de l'eau de rinçage du centre de décontamination. Les déchets liquides chimiques actifs sont les solutions de nettoyage utilisées pour la décontamination et les solutions résiduelles provenant des laboratoires actifs.

La radioactivité dans les déchets liquides virtuellement radioactifs est normalement inférieure à la concentration maximum permise dans l'eau potable destinée aux personnels des centrales atomiques et recommandée par la Commission internationale sur la protection radiologique. Ces déchets sont ordinairement évacués par un détecteur de radioactivité *in-line* dans l'eau de refroidissement effluente de l'usine où ils se mélangent et coulent dans le lac Huron en passant par les principaux tuyaux d'évacuation. S'il arrive que le détecteur de radioactivité indique de la radioactivité dans ces déchets, ceux-ci sont dérivés dans un réservoir où ils sont soumis à d'autres procédés de décontamination. L'effluent qui passe dans le lac aura, naturellement, une tolérance de beaucoup inférieure à celle de l'eau potable et, par conséquent, lorsqu'il sera encore dilué par l'eau du lac, il ne présentera plus de danger pour la santé.

Les déchets liquides actifs ont un niveau de radioactivité assez bas pour qu'on puisse les éliminer par délayage dans l'eau de refroidissement effluente de l'usine. Par conséquent, la tolérance de l'effluent qui passe dans le lac est maintenue inférieure à celle de l'eau potable, naturellement. Si, cependant, l'activité des déchets dans le réservoir de retenue est trop élevée pour que les déchets puissent être dilués de la sorte, ceux-ci sont envoyés dans un réservoir-nourrice d'évaporation où ils subissent d'autres transformations. Les substances radioactives se séparent des déchets liquides par l'évaporation. Les substances radioactives libérées par ce procédé sont manipulées comme des déchets liquides chimiques actifs ou comme des déchets solides actifs, ainsi qu'il est indiqué ci-après.

Les déchets liquides chimiques actifs sont neutralisés puis passés dans un évaporateur. Le concentré de l'évaporateur est mis dans un tonneau avec un mélange de béton et envoyé à la zone d'élimination.

#### *Déchets solides*

Les déchets radioactifs solides comprennent—

- a) Les déchets combustibles tels que le papier, le bois et les étoffes. Ces déchets sont brûlés dans un incinérateur spécial et la cendre est recueillie dans des tonneaux en fer qui sont enfermés dans des monoblocs de béton dans la zone d'élimination de la station.
- b) Les filtres usés qui ont servi à enlever des particules de matière des liquides des circuits seront transportés dans des flacons de sécurité qui seront enfermés dans des trous bétonnés.
- c) Les divers déchets non combustibles tels que les substances et le matériel usagés seront emballés pour empêcher la contamination de s'étendre, puis enfermés dans une tranchée en béton.

Une section du terrain de l'usine aménagée pour l'élimination des déchets solides sera entourée d'une clôture empêchant toute circulation non autorisée. Des stations de détection auront pour tâche de veiller à ce qu'aucune radioactivité ne soit libérée par inadvertance. On estime qu'une acre de terrain sera nécessaire à l'emmagasinage des déchets solides produits par une centrale à mono réacteur au cours d'une période de trente ans.

*Déchets gazeux*

La troisième forme sous laquelle les déchets radioactifs se présentent est celle des gaz actifs—Toutes les émanations de gaz actif ou virtuellement actif se mélangent avec l'air normalement inactif de l'installation d'aération qui passe par des filtres et sort d'une cheminée de 150 pieds de hauteur. Le débit total de la cheminée d'une centrale à un réacteur sera d'environ 50,000 pieds cubes-minutes dont 15,000 proviendront du bâtiment qui abrite le réacteur et le reste, du bâtiment qui abrite les services. Les faibles échappements de gaz qui peuvent être radioactifs provenant de temps à autre de l'usine—par exemple, les échappements de l'incinérateur des déchets ou des hottes du centre de décontamination—seront filtrés sur place pour les débarrasser de toute particule radioactive avant de les laisser s'échapper dans la canalisation principale d'évacuation. La cheminée assurera, dans des conditions normales, une diffusion suffisante de l'effluent de gaz actif, mais dans certaines conditions météorologiques, la diffusion peut être mauvaise et il peut devenir nécessaire de réduire la libération des gaz.

Tout accroissement de radioactivité outrepassant la limite de sécurité dans la cheminée d'échappement nécessite la fermeture des registres de la cheminée, ce qui a pour effet d'empêcher tout autre échappement tant que les conditions ne sont pas meilleures.

Je pense que d'après ce que j'ai dit vous serez persuadés que l'on prend toutes les dispositions possibles pour empêcher que la centrale de Douglas Point ne constitue un danger pour la santé du personnel d'exploitation, des habitants de la région ou du grand public. Il convient de souligner que la Commission de contrôle de l'énergie atomique est chargée d'étudier tout ce qui a trait à la santé et à la sécurité à cette station et de ne pas délivrer de permis d'exploitation tant qu'elle n'est pas convaincue que la station a été construite conformément aux prescriptions requises par les exigences de la sécurité et convaincue également que des équipes possédant la formation nécessaire à sa mise en service seront disponibles. Par la suite, des représentants de la Commission de contrôle de l'énergie atomique feront des inspections de la centrale afin de s'assurer que son exploitation est conforme à la ligne de conduite qui aura été approuvée.

Je devrais également mentionner que nous avons au cours des quinze dernières années, acquis beaucoup d'expérience dans l'élimination des déchets radioactifs à notre centrale de Chalk River. Là, nous nous sommes attaqués à des problèmes du même genre sinon plus difficiles, et les excellents résultats que nous avons obtenus nous permettent de compter sur des normes aussi bonnes ou même meilleures qu'à Douglas Point.

*Question n° 3*

M. Gray pourrait-il nous dire si l'on projette à l'heure actuelle la construction d'une seconde usine à CANDU?

*Réponse*

L'AECL ne projette pas la construction d'une seconde usine à CANDU. A l'heure actuelle, comme je l'ai signalé, nous sommes en train de modifier l'usine afin d'y incorporer un deuxième réacteur, étant donné que certaines parties de l'usine, telles que la prise et la sortie d'eau, la salle de contrôle et l'aile qui abrite l'administration, peuvent suffire à la mise en service de deux réacteurs.

Nous espérons qu'en temps voulu, l'Ontario Hydro entreprendra de construire un deuxième réacteur à cet endroit.

Le PRÉSIDENT: A-t-on des questions à poser?

M. MCLRAITH: Monsieur Gray, dans votre dernière réponse, vous avez dit que vous espériez qu'en temps voulu l'*Ontario Hydro* construirait un deuxième réacteur à Douglas Point. Pourriez-vous nous dire à peu près à quelle époque vous envisagez cela?

M. GRAY: Dès que le NPD aura fonctionné avec succès, mettons pendant une année, et que nous saurons à quoi nous en tenir sur un certain nombre de problèmes techniques qui entrent en jeu. L'*Ontario Hydro* devra alors étudier sérieusement la question. Je pense bien qu'elle ne décidera pas de construire un réacteur tant qu'elle n'aura pas vu le petit réacteur fonctionner. Je ne pense pas qu'elle attende que le CANDU soit mis en service.

M. AIKEN: J'ai une autre question à poser à ce sujet, monsieur le président. J'ai toujours eu l'impression que la centrale CANDU serait établie après le NPD-2 à Rolphton que le NPD-2 était plus ou moins un prototype, mais que la construction du CANDU a commencé avant que soit terminée celle de la station de Rolphton. Se dégage-t-il certaines leçons des travaux qui ont précédé la mise en service du NPD-2?

M. GRAY: Comme je l'ai indiqué dans mon exposé de l'année dernière, nous avons, après avoir décidé de construire le NPD, gardé l'équipe d'étude qui travaillait à Chalk River aux plans d'un gros réacteur, devenu plus tard le CANDU. Les résultats étaient si encourageants que nous avons décidé de procéder à la construction d'une station à la cote, en collaboration avec l'*Ontario Hydro* avant la mise en service effective du NPD. La construction du NPD nous a enseigné une foule de choses, mais pas une seule qui puisse nous faire renoncer à la construction du CANDU... au contraire il nous tarde plus que jamais d'en poursuivre la réalisation.

M. AIKEN: Si j'ai bien compris, vous avez dit qu'il se peut que l'*Ontario Hydro* commence la construction d'une autre station avant la mise en service de CANDU. Pour quand prévoyez-vous cette mise en service?

M. GRAY: Nous espérons terminer la construction du CANDU vers le milieu de l'année 1964 et qu'il entrera en service la même année et, j'ose espérer, à plein rendement au début de 1965.

Le PRÉSIDENT: Quelle en sera la puissance?

M. GRAY: 202,000 kilowatts d'électricité dans le réseau sud de l'Hydro ontarienne.

Le PRÉSIDENT: Passe-t-il par London?

M. GRAY: Je pense que oui.

M. AIKEN: A cause du travail expérimental qui s'est fait, je suppose?

M. GRAY: Une partie des dépenses qu'entraîne la construction du CANDU s'applique également à la deuxième centrale—les prises d'eau dont le débit peut convenir à deux réacteurs, l'aile qui abrite l'administration, et le reste. Donc, il y a des frais qui sont imputables sur le second réacteur. L'étude et la préparation des plans de la centrale qui s'élèvent entre 8 et 10 millions de dollars s'appliquent au premier réacteur. Il n'en serait pas de même pour le deuxième réacteur.

Le PRÉSIDENT: Mais il en serait de même, n'est-ce pas, pour votre documentation technique et scientifique? Dans quelle mesure cela représenterait-il un élément du prix de revient.

M. GRAY: Il est très difficile de donner un chiffre estimatif assez précis, parce que la technique nous ramène au domaine de la fabrication. La première fois que l'on produit des échangeurs de chaleur pour cette centrale, on dépense beaucoup pour la mise au point et la fabrication. Que vous payiez 10 ou 20 p. 100, cela est très difficile à déterminer, mais ne se reflète pas dans les dépenses du deuxième réacteur.

Le PRÉSIDENT: Est-ce que dans le chiffre que vous avez mentionné, le prix du kilowatt-heure du deuxième réacteur serait réduit, disons, de 25 p. 100? Qu'en pensez-vous?

M. GRAY: Non, nous estimons qu'il devrait être réduit de 12 à 15 p. 100.

M. DRYSDALE: Est-ce que le second réacteur aura les mêmes dimensions que le premier?

M. GRAY: Oui, d'après nos plans, mais nous laissons cette décision à l'*Ontario Hydro*. Nous recommandons un réacteur assez identique produisant 202,000 kilowatts.

M. DRYSDALE: Combien de temps demandera sa construction?

M. GRAY: D'après moi, il faudra compter de trois à trois ans et demi pour construire un second réacteur.

M. DRYSDALE: Alors si la première date que vous avez donnée est la bonne, il vous faudrait commencer les travaux au cours de l'année prochaine?

Vous avez dit: avant le parachèvement du réacteur CANDU qui est prévu pour 1965.

M. GRAY: La construction du CANDU est en cours depuis un an et demi. Il n'est question ici que d'un réacteur.

M. DRYSDALE: C'est pour l'*Ontario Hydro*?

M. GRAY: Nous projetons de le terminer vers le milieu de l'année 1964. Aucune décision n'a été prise au sujet de la construction d'un second réacteur. Lorsque la décision sera prise, la construction du deuxième réacteur demandera de trois à trois ans et demi.

M. ROBINSON: Puis-je demander à M. Gray si la construction du deuxième réacteur sera entreprise avant le parachèvement du premier?

M. GRAY: Oui, c'est possible.

M. AIKEN: Permettez-moi de modifier ma question par une autre question. Supposons que l'on établisse une autre centrale du type CANDU dans une localité entièrement différente, le coût en serait-il réduit, sauf évidemment le prix des matériaux et de la main-d'œuvre et le travail de mise au point et d'expérimentation a-t-il été suffisant pour que l'on puisse s'attendre à une diminution notable du coût d'aménagement?

M. GRAY: Je suis certain qu'il y aurait une diminution d'au moins 10 p. 100.

M. AIKEN: Existe-t-il des projets de grande envergure pour une deuxième localité?

M. GRAY: Ce problème relève vraiment des services d'utilité publique. Ils doivent décider à quel moment ils veulent utiliser l'énergie nucléaire et quelle sera l'importance des centrales. On peut prévoir que des stations de ce genre feront l'objet de demandes dans d'autres régions du Canada et dans d'autres régions du monde. Ces demandes viendront sans doute d'autres régions du monde avant de venir des autres régions du Canada, en raison surtout des dimensions de la centrale.

M. AIKEN: Comme vous prévoyez la fin de l'expérimentation dans le domaine de l'énergie-hydro-électrique, est-ce que vous vous tournez dans une autre direction pour l'utilisation plus grande de l'énergie atomique? Maintenant que nous avons eu les stations expérimentales de Chalk River et de CANDU dont l'aménagement sera réalisé à longue échéance, y a-t-il d'autres usages atomiques prévus dans cet aménagement?

M. GRAY: Pour la production d'énergie?

M. AIKEN: Ou à d'autres usages?

M. GRAY: Il y a d'innombrables types de centrales d'énergie à étudier. Nous nous intéressons à deux ou trois de ces types. Il s'agit généralement de

gros réacteurs à refroidisseurs d'eau lourde. Ainsi que je l'ai mentionné, nous réalisons actuellement le réacteur à refroidisseur organique. Nous avons une équipe assez active affectée à ce travail. Nous étudions de gros réacteurs à ralentisseurs à l'eau lourde et refroidis par la vapeur et la buée. Nous examinons des études d'autres types de réacteurs utilisant du thorium comme combustible. Nous brûlons les étapes. Il n'y a pas de limites au travail à accomplir pour aménager de nouveaux systèmes dans le domaine de l'énergie.

M. AIKEN: Vos travaux portent-ils sur les réacteurs à faible puissance? On a parlé de réacteurs de ce genre pour les localités isolées. Il en est fait mention dans l'exposé que vous avez.

M. GRAY: Nous avons terminé l'année dernière une étude que nous avons entreprise avec la *Canadian Westinghouse* et dont il est question au paragraphe 68 de l'exposé. Dans cette étude, ils se sont servis de la documentation aimablement mise à notre disposition par les États-Unis qui ont mis sur pied un vaste programme d'aménagement dans ce domaine dans le cadre de leurs effectifs militaires. Ils ont mis tous leurs renseignements à notre disposition et nous en avons confié l'étude à la *Canadian Westinghouse* qui s'y est engagée par contrat. On a conclu de façon générale qu'à toutes les stations du Canada septentrional—et Frobisher Bay semble être le meilleur exemple—il en coûterait 25 p. 100 de plus pour utiliser l'uranium comme combustible plutôt que le mazout. A ce stade du développement du Nord du Canada et dans les réacteurs nucléaires, cela n'est pas économique.

M. AIKEN: Existe-t-il des projets en ce qui concerne les petits réacteurs tels que les moteurs de sous-marins ou de navires?

M. GRAY: Pas au Canada.

Le PRÉSIDENT: Monsieur Gray, possède-t-on des renseignements sur d'autres pays, comme par exemple les pays situés derrière le rideau de fer? Je sais qu'il n'est pas facile de répondre à cette question, mais avez-vous quand même accès à certains renseignements concernant leurs progrès dans le domaine de l'énergie atomique?

M. GRAY: Oui, dans une faible mesure. Nous recevons les communications qu'ils publient; par exemple, les conférences de Genève ont produit de nombreux travaux en provenance de Russie et de Tchécoslovaquie. Cela ne veut pas dire, cependant, qu'on nous tient à jour. J'ai fait un voyage en Russie l'année dernière et j'ai vu deux de leurs centrales d'énergie nucléaire. Mais il ne s'agit là que d'un simple aperçu. Je dirai que nous sommes loin d'avoir avec les pays situés derrière le rideau de fer les relations que nous avons avec la plupart des autres pays du monde.

Le PRÉSIDENT: Sont-ils plus avancés que nous?

M. GRAY: D'après ce que j'ai vu, c'est là un domaine où les Russes ne sont pas avancés.

M. DRYSDALE: Quels ralentisseurs et refroidisseurs de combustible les Russes emploient-ils?

M. GRAY: Les deux centrales que j'ai vues utilisaient un combustible métallique qui était enrichi, je pense. L'une d'elles était une centrale refroidie à l'eau et utilisant le graphite comme ralentisseur, tandis que l'autre utilisait de l'eau légère pressurisée, mais ni l'une ni l'autre n'égale aucune des centrales étudiées et construites en France, en Grande-Bretagne, aux États-Unis ou au Canada. Elles n'occupent pas une place importante dans leurs programmes scientifiques.

M. DRYSDALE: Veuillez excuser mon ignorance, mais est-ce qu'il se présente au Canada de nombreux problèmes d'adaptation de l'uranium naturel à l'uranium enrichi comme combustible dans les réacteurs, comme par exemple,

adapter la centrale de CANDU qui utilise de l'uranium naturel et de l'eau lourde comme refroidissant et comme ralentisseur?

M. GRAY: Vous n'utiliserez pas de substance enrichie comme combustible de la centrale CANDU.

M. DRYSDALE: Cela peut-il se faire? Autrement dit, nous semblons ne procéder que dans un sens, en utilisant de l'uranium naturel. Si nous changeons de combustible...

M. GRAY: On n'utiliserait pas de l'uranium enrichi comme combustible de la centrale CANDU, peu importe à quelles fins: économiques, techniques ou scientifiques. Pour utiliser un combustible enrichi, il faudrait vraiment mettre au point un autre réacteur.

M. DRYSDALE: D'après votre relevé sur le plan mondial, pourriez-vous nous indiquer quels seraient les grands débouchés pour l'uranium enrichi utilisé comme combustible?

M. GRAY: À l'heure actuelle, la demande générale se maintient en faveur de l'uranium naturel comme combustible à réacteurs, surtout à cause des installations britanniques et françaises qui en font usage. Aux États-Unis, c'est tout à fait différent; toutes les installations utilisent du combustible enrichi, mais nulle part la demande n'est aussi forte qu'en Grande-Bretagne.

M. DRYSDALE: Quelle est la différence entre l'eau lourde et le graphite comme ralentisseur?

M. GRAY: Est-ce que vous entendez par là son efficacité en tant que ralentisseur? De nouveau, dans mon exposé, j'ai utilisé des chiffres que j'appelle le «rapport de ralentissement». Ce rapport n'est qu'un numéro, mais il sert d'indice d'efficacité. C'est la meilleure façon de résumer la réponse. L'eau ordinaire a un «rapport de ralentissement» de 72, le beryllium, de 159, le graphite de 170, tandis que celui de l'eau lourde est de 12,000. Plus le chiffre est élevé, meilleure est la substance.

M. DRYSDALE: Peut-on obtenir des diverses centrales d'énergie du monde entier des renseignements sur le genre de carburant, de ralentisseurs et de refroidissants qu'elles utilisent, ainsi que sur la quantité d'énergie produite? Serait-il opportun de faire préparer un tableau contenant ces renseignements?

M. GRAY: Il existe de nombreux tableaux. Oui, nous pouvons le faire, mais cela exigerait bien des pages. Une nouvelle publication de l'Agence internationale de l'énergie atomique vient de paraître.

M. DRYSDALE: Si je pouvais obtenir un exemplaire de la publication, cela me serait utile.

M. NIELSEN: Où sont situées les deux centrales russes?

M. GRAY: L'une est située près de Everdlovsk, l'autre près de Voronezh.

M. NIELSEN: Le ministère du Nord canadien et des Ressources nationales vous a-t-il demandé de faire un relevé des aménagements d'énergie atomique dans l'un des centres du Canada septentrional?

M. GRAY: Le ministre du Nord canadien nous a secondés dans l'étude sur les réacteurs de faible puissance; la Commission d'énergie du Nord canadien également.

M. NIELSEN: Vous a-t-on demandé d'installer quelque chose à Frobisher Bay? Savez-vous si l'on y fera quelque installation?

M. GRAY: Pas que je sache. Nos études démontrent que cela ne serait pas économique.

Le PRÉSIDENT: Vous voulez dire que le mazout serait moins cher?

M. GRAY: D'après l'étude qui a été publiée, le mazout est de 25 p. 100 moins cher.

Le PRÉSIDENT: La centrale que vous avez en Inde, monsieur Gray, sert plus à la recherche qu'à autre chose, n'est-ce pas?

M. GRAY: C'est un réacteur de recherche pure et de mise au point.

M. NIELSEN: Est-ce qu'à votre avis, les centrales du nord de la Russie sont économiques?

M. GRAY: Pas au sens que nous donnons au terme «économique». Ce sont de grandes centrales de 100 millions de watts chacune, tandis que celle de Frobisher Bay dont nous parlons est de quatre ou cinq millions de watts. La centrale de Voronezh est située dans l'Ukraine et celle de Sverdlovsk, même si elle est dans la région des monts Ourals, est située dans une région assez industrialisée.

M. NIELSEN: Ni l'une ni l'autre ne sont économiques?

M. GRAY: Pas comme nous l'entendons. Les Russes ne prétendent pas qu'elles sont économiques; elles font partie de l'ensemble d'un programme de développement scientifique.

M. AIKEN: Monsieur le président, si je comprends bien, nous allons à Chalk River jeudi. Je ne sais s'il doit y avoir une autre séance d'ici là; sinon, je crois qu'il serait bon que M. Gray nous donne un aperçu de la disposition de la centrale de Chalk River. Les membres seraient alors au courant de ce qu'ils verront en arrivant, en plus de l'édifice même.

Le PRÉSIDENT: Je pense, monsieur Aiken, qu'une séance est prévue pour 9 heures 30 jeudi matin et que vous avez tous un exemplaire du rapport annuel. Vous aurez peut-être des questions à poser à ce sujet au cours de cette séance ou au cours de la suivante.

M. AIKEN: Vous pensez qu'il serait préférable de remettre à jeudi matin cet aperçu de la visite à Chalk River?

Le PRÉSIDENT: Je pense que ce serait une bonne idée même en ce moment, si vous désirez un instant de répit, monsieur Gray. Nous avons parlé de cette visite; peut-être pourriez-vous nous faire part de votre programme.

M. GRAY: Nous aimerions que vous arriviez à Chalk River à sept heures autant que possible jeudi matin. Nous pourrions mettre des voitures à votre disposition si vous n'en avez pas. Si vous êtes en voiture, nous préférierions qu'à votre arrivée vous laissiez nos chauffeurs vous conduire à nos centrales dans un de nos autobus, afin que nous puissions vous garder ensemble. Le soir, il y aura un dîner et vous pourrez vous entretenir avec M. Harold Smith, ingénieur et gérant général adjoint de l'*Ontario Hydro*, ce qui vous donnera une idée de ce qu'on pense, dans cette compagnie, de l'énergie nucléaire.

M. McILRAITH: Est-ce à la centrale?

M. GRAY: A Deep River.

Le PRÉSIDENT: Après le dîner, monsieur McIlraith.

M. GRAY: Vous vous rendriez à l'hôtel du personnel à Deep River. Si nous en avons le temps, nous aimerions vous montrer un film sur l'énergie atomique qui fera de vous des spécialistes de la question.

Le PRÉSIDENT: Vous n'avez pas deux films?

M. GRAY: Le lendemain matin, nous aimerions que vous preniez le petit déjeuner vers huit heures et l'autobus à 8 heures 45 pour vous rendre au réacteur nucléaire de démonstration NPD à Rolphton. M. Grinyer, gérant de notre division qui a la direction du NPD, vous parlera de cette centrale d'énergie que vous visiterez et qui est très intéressante à ce stade. Les turbines sont installées, mais la principale partie du bâtiment destiné à abriter le réacteur n'a encore que son ossature et vous pourrez regarder et circuler à votre aise. Nous partons de là à 10 heures et demie pour nous rendre à Chalk River, 20 milles plus loin.

Le gérant de cette division vous donnera une description du NRX et du NRU, deux des plus gros réacteurs au monde. Après cet aperçu, vous visiterez les réacteurs jusqu'à une heure, puis vous déjeunerez. A deux heures, nous vous emmènerons à l'un de nos bâtiments qui abritent les laboratoires de chimie, où M. Campbell, directeur de la chimie et de la métallurgie, vous parlera du travail de cette division, puis vous visiterez deux ou trois sections de la division. A trois heures, nous vous emmènerons à la bibliothèque où M. Elliot, directeur de la division de la physique, vous parlera de la recherche touchant en particulier la physique, mais aussi de la recherche en général, puis vous visiterez le générateur en tandem Van de Graaff et peut-être la division de l'électronique. A quatre heures, M. Butler qui est le directeur de la biologie et de la physique médicale et sanitaire, vous parlera de notre division de la biologie, puis vous visiterez la section de la radiation et celle de l'élimination des déchets nucléaires. A 5 heures—mais il y aura une pause-café—M. Laurence vous parlera de la sécurité des réacteurs. En plus d'être l'un de nos directeurs de recherches, M. Laurence est président du comité de la Commission de contrôle de l'énergie atomique qui est chargée de l'aspect sécurité des réacteurs. Vers 5 heures 30, il vous parlera également du travail de la division de recherches et de mise au point en matière de réacteurs, c'est-à-dire, d'autres genres de réacteurs dans le monde entier. A 6 heures, nous vous laisserons partir. Nous vous conseillons de vous arrêter à Renfrew où vous trouverez un bon restaurant. Vous serez de retour à Ottawa vers 9 heures et demie.

Le PRÉSIDENT: Combien de voitures seront à notre disposition, car il faut bien nous organiser. Combien de membres disposent de voitures? J'ai la mienne.

M. McILRAITH: Si je puis y aller, j'aurai ma voiture, mais rien n'est certain.

M. GRAY: Si le secrétaire pouvait nous tenir au courant, nous serions heureux d'assurer le transport nécessaire.

M. NUGENT: Nous pouvons transporter dix hommes dans deux voitures.

M. GRAY: Le trajet est de 135 milles.

Le PRÉSIDENT: La voiture de M. Batten est disponible. Nous chargerons le secrétaire de prendre les dispositions nécessaires quant aux voitures et nous nous rassemblerons devant l'entrée principale au plus tard à 4 heures. Nous avons l'intention de partir à 4 heures jeudi après-midi.

Avant d'ajourner la séance, monsieur Gray, je me demande si les débouchés ont augmenté pour vos produits, sous-produits, isotopes et ce que nous appelons communément la bombe de cobalt.

M. GRAY: Le chiffre d'affaires de notre division des produits commerciaux augmente chaque année de façon constante.

Le PRÉSIDENT: Qu'est-ce que cela représente en dollars en 1960?

M. GRAY: Environ 3 millions de dollars.

Le PRÉSIDENT: Quel pourcentage de cette production est exporté?

M. GRAY: 90 p. 100.

Le PRÉSIDENT: Vers quels pays en particulier?

M. GRAY: Principalement vers les États-Unis, mais je pense que nous exportons nos produits à 37 pays différents, y compris la Russie et la Chine rouge.

Le PRÉSIDENT: Qu'est-ce que les États-Unis achètent?

M. GRAY: Du cobalt et des appareils thérapeutiques au cobalt ainsi que des isotopes isolés, mais la majeure partie des ventes se compose d'appareils thérapeutiques au cobalt-60.

M. AIKEN: Si j'ai bien compris, un vendeur de la division des produits commerciaux se rend dans le territoire de ses concurrents et effectue des ventes.

M. GRAY: Parfaitement.

M. AIKEN: Voilà une division des produits commerciaux qui est l'une des rares agences de l'État qui fasse de l'argent; c'est peut-être la seule.

M. GRAY: C'est vrai; nous réussissons à dépenser dans les autres divisions de la compagnie tous les bénéfices qu'elle réalise.

M. DRYSDALE: Monsieur Gray, avez-vous à l'heure actuelle des centrales dotées d'un réacteur à thorium ou à quel stade se trouve la technologie du thorium au Canada?

M. GRAY: Elle en est au stade de l'étude. Nous avons irradié du thorium dans nos réacteurs de Chalk River et nous avons séparé l'uranium 233 du thorium, mais nous n'en avons pas fait un travail de première importance pour plusieurs raisons. L'uranium répondra sûrement à nos besoins d'ici plusieurs années, car comme combustible on le trouve au Canada et dans beaucoup d'autres régions du monde. Les savants, eux, estiment que le thorium sera absolument nécessaire pour les projets à longue échéance, disons de 50 ans.

M. DRYSDALE: Quelles sont vos objections en ce qui concerne le thorium? Vous avez dit qu'il y en avait.

M. GRAY: Au Canada on n'en produit pas beaucoup et il coûte cher.

M. AIKEN: Il y a trop d'uranium.

M. GRAY: La principale raison, c'est que l'on ne peut pas utiliser un réacteur au thorium naturel; cela ne marche pas. Il faut utiliser un système enrichi de plutonium ou d'autre matière. Il fonctionne généralement mieux dans ce que nous appelons les réacteurs rapides, lesquels sont encore loin d'être au point dans quelque pays que ce soit.

M. DRYSDALE: Pouvez-vous faire le recyclage du thorium comme dans le cas de l'uranium enrichi?

M. GRAY: Dans le thorium, nous produisons de l'uranium 233 qui en est l'élément fissile et que l'on peut soit brûler dans le réacteur, soit séparer et soumettre au recyclage. On ne saurait sans doute en user de même avec le thorium.

M. DRYSDALE: Est-ce que la difficulté réelle provient de l'absence d'installations d'enrichissement comme aux États-Unis ou au Royaume-Uni?

M. GRAY: Non, la difficulté tient à ce que le réacteur n'est pas encore économique.

M. DRYSDALE: Avez-vous fait des recherches sur l'utilisation de l'uranium naturel pour la propulsion, comme dans le cas des sous-marins atomiques des États-Unis? Fait-on des recherches en ce sens au Canada?

M. GRAY: Non, on ne fait pas de recherches de ce genre au Canada; mais je ne pense pas qu'aux États-Unis on se serve d'uranium naturel pour la propulsion des réacteurs.

M. DRYSDALE: Et les sous-marins atomiques?

M. GRAY: Leur combustible est de l'uranium enrichi à teneur assez élevée.

M. DRYSDALE: Est-ce que vous poursuivez au Canada des recherches sur l'utilisation de l'uranium enrichi ou autre pour la propulsion?

M. GRAY: Pas pour la propulsion au Canada. Nous avons, avec les États-Unis, exécuté beaucoup de travaux sur des combustibles qui serviront, croyons-nous, à la propulsion de sous-marins américains. Grâce à nos installations de recherches au Canada, nous avons mis sur pied, de concert avec l'U.S. Atomic

*Energy Commission* un vaste programme de travaux se rapportant à leurs réacteurs de propulsion. Nous avons beaucoup d'expérience dans l'utilisation de l'uranium enrichi comme combustible d'essai.

Monsieur le président, il y a une question que je désire soulever. Il s'agit de l'ensemble de la question sur la recherche et la mise au point dans l'industrie canadienne. C'est un problème très complexe mais très important à mon avis pour l'avenir de notre pays et je suppose que c'est là un des aspects de la question que le Comité ou ses membres aimeraient étudier. D'ailleurs, vous avez déjà commencé à le faire dans vos rapports avec l'*Eldorado Mining and Refining* et je prévois que vous allez demander ce que nous faisons dans ce domaine et que vous vous entretiendrez à ce sujet avec M. Steacie lorsque vous viendrez au Conseil national de recherches. On a beaucoup parlé du peu de travail de recherche et de mise au point qui se fait dans l'industrie canadienne, de la nécessité de ce travail et de la part qui incombe dans ce domaine à l'État et à l'industrie. Je puis recommander une communication que M. Mackenzie a présentée en février dernier et qui s'intitule *The significance of the recent scientific explosion*. Cette communication présente, à mon avis, les meilleures statistiques générales, à la fois faciles à lire et à jour, que l'on puisse trouver aujourd'hui au Canada ou ailleurs. Comme M. Mackenzie traite également dans ce document du rôle de la recherche et de l'étude dans l'évolution de notre pays, je pense qu'en s'appuyant sur ces renseignements, les membres du Comité seront plus en mesure de poser des questions à moi ou à tout autre témoin. J'ai apporté suffisamment d'exemplaires de ce document pour les membres du Comité.

Le PRÉSIDENT: C'est une excellente idée, monsieur Gray.

M. GRAY: Je ne crois pas qu'il y ait lieu de l'annexer aux témoignages.

Le PRÉSIDENT: Non, il s'adresse aux membres du Comité en particulier.

M. FORGIE: M. Gray, serait-il avec nous jeudi?

Le PRÉSIDENT: Oui, ce serait une bonne idée. Vous avez beaucoup de pièces à étudier. Je pense qu'il y aurait intérêt à parcourir l'exposé que M. Gray a présenté au cours de la dernière session en plus de tenir compte de ce qu'il nous a dit aujourd'hui et aussi d'étudier la communication de M. Mackenzie que l'on vient de vous remettre.

Messieurs, je pense qu'il convient d'organiser notre réunion de jeudi prochain. Où en sommes-nous au sujet des témoins? Avez-vous communiqué avec le secrétaire au sujet de ceux que vous désirez convoquer et quand? Ces témoins, qui viennent de l'extérieur, doivent être agréés par le Comité pour que leurs frais soient payés. Les dispositions nécessaires devront être prises à la séance de jeudi, afin que vous puissiez dresser la liste des témoins que vous désirez avoir.

Nous avons déjà commencé à nous occuper de cette question, mais il reste beaucoup à faire d'ici la prochaine séance. Devrions-nous ajourner jusqu'à jeudi à 9 heures 30 dans l'édifice principal?

M. McILRAITH: J'aimerais que vous prêtiez vos bons offices pour trouver une salle dans l'édifice central.

Le PRÉSIDENT: La séance est levée.

Appendice A

COMMUNICATION

DE

L'ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED

AU

COMITÉ SPÉCIAL DES RECHERCHES DE LA CHAMBRE  
DES COMMUNES

PAR

M. J. L. GRAY

PRÉSIDENT DE

L'ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED

Publication AECL-1000

## TABLE DES MATIÈRES

|   | PAGE |
|---|------|
| Bref historique .....   | 23   |
| Les objectifs de l'AECL .....   | 26   |
| L'organisation de l'AECL pour réaliser les objectifs tracés .....                         | 28   |
| Les aménagements de l'AECL pour parvenir à ces objectifs .....                            | 32   |
| La place qu'occupe l'énergie atomique au Canada .....                                     | 33   |
| Le programme canadien à l'égard de l'énergie atomique .....                               | 35   |
| Collaboration avec les autres pays .....  | 38   |
| Protection contre les radiations, sécurité des réacteurs et élimination des déchets ..... | 40   |

## APPENDICES

- Appendice 1 L'énergie nucléaire et les possibilités qu'elle offre au Canada  
—par M. W. B. Lewis, vice-président,  
Recherches et mise au point.
- Appendice 2 Division de la physique
- Appendice 3 Division d'étude et de mise au point des réacteurs
- Appendice 4 Division de la chimie et de la métallurgie
- Appendice 5 Division de la biologie et de la physique médicale et sanitaire
- Appendice 6 Division des opérations
- Appendice 7 Division des services du génie
- Appendice 8 Division des études techniques et de l'aménagement appliqué
- Appendice 9 Division de mise en activité des réacteurs
- Appendice 10 Division des centrales nucléaires
- Appendice 11 Division des produits commerciaux
- Appendice 12 Division de la médecine
- Appendice 13 Division de l'administration
- Appendice 14 Division des finances
- Appendice 15 Cadres de l'organisation

1. J'ai pensé qu'il serait utile que je vous fasse un exposé général portant sur l'historique, l'organisation, les responsabilités et l'activité générale de l'*Atomic Energy of Canada Limited*. Cet exposé sera assez long, mais il faut songer que notre programme est plutôt vaste, que nos responsabilités sont étendues et importantes. Je vais diviser ce rapport en plusieurs parties dont voici les rubriques:

1. Bref historique
2. Les objectifs de l'A.E.C.L.
3. L'organisation de l'A.E.C.L. pour réaliser les objectifs tracés
4. Les aménagements de l'A.E.C.L. pour parvenir à ces objectifs
5. La place qu'occupe l'énergie atomique au Canada
6. Le programme canadien à l'égard de l'énergie atomique
7. Collaboration avec les autres pays
8. Protection contre les radiations, sécurité des réacteurs et élimination des déchets.

2. Tous les membres du présent Comité qui le pourront devraient aller visiter l'entreprise de Chalk River ainsi que notre Division des produits commerciaux qui se trouve ici à Ottawa. Ceux d'entre nous qui s'intéressent particulièrement à l'étude technique des centrales nucléaires trouveraient précieuse la visite de notre Division des centrales nucléaires à Toronto et peut-être

aussi au bureau d'études de la *Canadian General Electric Co. Limited* à Peterborough. Si pareil déplacement n'est pas possible, je prendrai des dispositions afin que certains de nos ingénieurs qui s'occupent de concevoir les centrales nucléaires soient disponibles à Chalk River pour donner des consultations. Lors de votre visite, nous aimerions vous montrer les résultats obtenus par certains de ces modèles à la centrale de démonstration d'énergie nucléaire (NPD-2) qui est en voie de construction près de Rolphton (Ont.) à quelque vingt milles en amont de Chalk River sur l'Outaouais.

3. Il n'est probablement pas indiqué pour l'instant de se rendre à Douglas Point près de Kincardine (Ont.). Même s'il s'agit d'un emplacement important, vu que s'y trouvera la première grande centrale nucléaire, les travaux de construction importants ne sont pas commencés et il n'y aurait pas grand chose à voir, si ce n'est la beauté pittoresque du comté de Bruce.

4. De même, il serait prématuré pour le moment de se rendre au Manitoba pour visiter l'établissement de recherche nucléaire de Whiteshell. L'emplacement a été choisi et il semble idéal pour y édifier une centrale, mais aucun travaux ne commenceront avant au moins un an.

#### *Bref historique*

5. La plupart d'entre vous savent que le programme d'énergie atomique au Canada a débuté pendant la guerre, s'inscrivant dans le cadre d'un effort collectif entrepris par le Royaume-Uni et les États-Unis en vue de mettre au point la bombe atomique. Il a été convenu que le Canada concentrerait ses efforts sur la mise au point d'un réacteur nucléaire pourvu d'un ralentisseur d'eau lourde pour produire du plutonium, une des matières que l'on peut employer dans la fabrication d'une bombe atomique. Cette manière n'existe pas à l'état naturel, mais elle est formée dans le combustible d'uranium de la majorité des réacteurs atomiques.

6. Le programme d'énergie atomique du Canada a débuté sous la direction du Conseil national de recherches. Des savants et des ingénieurs du Royaume-Uni et d'autres pays alliés sont venus au Canada et l'équipe «Royaume-Uni-Canada» a commencé ses travaux à Montréal en 1942—dans des locaux exigus pour commencer, et ensuite dans un pavillon du nouvel édifice de l'Université de Montréal. En plus des travaux de recherche de base dans le domaine de la chimie et de la physique, on préparait des modèles d'une petite pile expérimentale d'énergie nulle connue sous le nom de ZEEP et d'un réacteur expérimental beaucoup plus grand: le NRX (*National Research Experimental*). On s'est rendu compte qu'il n'était pas possible de fabriquer ces réacteurs à Montréal en raison des considérations relatives au caractère secret de l'entreprise et aussi parce que l'on ne savait pas ce qu'il fallait exiger en fait de sécurité. C'est après avoir examiné à fond bien des lieux possibles qu'on a choisi l'emplacement actuel de Chalk River.

7. Le réacteur ZEEP a commencé à fonctionner en septembre 1945. C'était le premier réacteur nucléaire qui fonctionnait en dehors des États-Unis. Il est bon de noter qu'aujourd'hui, soit 15 ans plus tard, il est encore très demandé et sert continuellement à des expériences de physique des réacteurs.

8. Le réacteur NRX a été mis en service en juillet 1947. Il a été conçu pour dégager au moins 10,000 kilowatts de chaleur et pour offrir des facilités expérimentales très étendues. En fait, ce réacteur a produit 20,000 kilowatts tout au début de sa mise en service et en moins de trois ans il en produisait jusqu'à 30,000. Outre sa production d'énergie plus élevée, ce réacteur est devenu, à tous égards, bien plus précieux que ses réalisateurs ne l'avaient

jamais espéré. Après avoir subi un dommage grave en décembre 1952, le réacteur a été reconstruit; grâce à une légère modification, il peut maintenant produire 40,000 kilowatts. Même si le réacteur NRX sert toujours beaucoup à des expériences de recherche fondamentale et à la production de radio isotopes, il s'est révélé très précieux dans le domaine des essais industriels. Le combustible, les fluides de refroidissement et les matières destinées à contenir à la fois le combustible et le fluide de refroidissement sont mis à l'essai dans les conditions de température, de pression et de radiation d'une génératrice nucléaire.

9. Après la mise en service du réacteur NRX, une solide équipe de chercheurs a été créée à Chalk River travaillant autour des installations expérimentales uniques. Grâce à la direction très capable du haut personnel technique, Chalk River s'est acquis une excellente réputation internationale en science fondamentale.

10. Les spécialistes qui ont créé le réacteur NRX n'étaient pas du tout en mesure d'évaluer la durée du fonctionnement du réacteur avant qu'une panne importante se produise. On craignait, en général, que la corrosion interne ne limite à cinq ans la période de fonctionnement du réacteur. On s'est alors demandé si l'on devait faire fonctionner le NRX jusqu'à ce qu'il se détraque complètement, et chercher alors de nouvelles installations en vue de poursuivre les recherches d'énergie atomique au Canada ou si l'on devait construire un nouveau réacteur, de sorte que Chalk River continue à exister même si le NRX se détraquait. C'est avec grand soin que cette question primordiale de ligne de conduite a été étudiée par le gouvernement vers 1950 et celui-ci a décidé que les recherches sur l'énergie atomique devaient se poursuivre au Canada et que, pour assurer la production de cette énergie il fallait concevoir et construire un nouveau réacteur.

11. Il a été décidé que le nouveau réacteur connu sous le nom de NRU (*National Research Universal*) aurait trois fins. Il devrait avoir cinq fois la puissance du NRX soit (200,000 kilowatts) et posséder des installations expérimentales encore meilleures; il pourrait produire des isotopes radioactifs en grandes quantités ainsi que pas mal de plutonium. La Commission américaine de l'Énergie Atomique tenait à augmenter ses réserves de plutonium, et en conséquence elle a convenu d'acheter tout le plutonium qui serait produit dans le réacteur NRU projeté. Par la suite, un accord officiel a été conclu et il demeurera en vigueur jusqu'au 30 juin 1962. (Les deux parties ont l'intention de prolonger cet accord pendant une autre période à des conditions convenues.)

12. En raison du jeu de plusieurs facteurs, y compris l'accroissement de l'aspect commercial du programme et l'expansion en volume de l'établissement de Chalk River par rapport au Conseil national de recherches, on a admis, au début de 1952, que le travail poursuivi par l'État dans le domaine de l'énergie atomique devrait être mis à part de celui auquel se livrait le Conseil national de recherches, et l'*Atomic Energy of Canada Limited* a été instituée à titre de société de la Couronne. Six mois plus tard, la division de l'*Eldorado Mining and Refining Company* qui avait été établie pour s'occuper des ventes de radium, mais qui vendait alors également des radioisotopes a été incorporée à l'A.E.C.L. pour en devenir la Division des Produits commerciaux.

13. Au cours de 1951-1952, il est devenu de plus en plus évident que les espoirs de produire de l'énergie électrique à partir de l'énergie atomique d'une manière rentable se concrétisaient. Le fonctionnement de réacteurs nucléaires au Canada et à l'étranger avait prouvé qu'il était possible de faire fonctionner un réacteur sans interruption moyennant une surveillance suffisante. Il restait à prouver que l'électricité d'origine nucléaire pouvait être économique.

14. Au début de l'année 1953, le conseil d'administration de l'A.E.C.L. a inauguré une étude sur la possibilité de réaliser des génératrices nucléaires. Il a été annoncé que l'A.E.C.L. accueillerait avec joie la participation à cette enquête, des entreprises canadiennes fournissant des services d'énergie électrique. Une Division d'énergie nucléaire a été établie à Chalk River au début de 1954 sous la direction d'un employé de la Commission d'énergie hydroélectrique de l'Ontario. Cinq autres entreprises d'utilité publique ont fourni du personnel à cette division d'énergie nucléaire. A la fin de 1954, les études ayant démontré que cette réalisation était possible il a été décidé que l'on devrait concevoir et construire une centrale nucléaire de démonstration. Il a été décidé plus tard que l'étude des détails, les travaux industriels et la construction de la pile devraient être adjugés par contrat à une entreprise manufacturière et que les entreprises d'utilité publique devraient être invitées à y participer.

15. Sept fabricants canadiens ont été invités à soumettre des propositions relatives à la conception et à la construction du réacteur NPD, à la suite d'un examen complet des propositions reçues, la *Canadian General Electric Company Limited* a été choisie. Peu de temps après, la Commission ontarienne d'énergie hydroélectrique était choisie en tant que service qui fournirait l'énergie électrique et un contrat de société a été conclu entre l'A.E.C.L., la *Canadian General Electric Company Limited* et la Commission ontarienne en vue d'aménager la centrale NPD.

16. Quand la division d'énergie nucléaire eut terminé son étude sur la possibilité de réaliser le centrale NPD, il a été décidé que cette division poursuivrait ses travaux et étudierait le projet préliminaire d'une centrale plus grande. Ces travaux se sont poursuivis en même temps que le projet détaillé du NPD. C'est au début de 1957 qu'on a obtenu le premier rapport relatif à l'étude d'un projet de grand réacteur. Ce rapport soumettait un projet permettant d'espérer produire de l'énergie presque au prix de concurrence, dans certaines conditions. Ces conditions existent dans au moins une région du Canada. A certains égards importants le projet était différent de celui de la pile NPD. Des tubes de pression qui devaient contenir le dispositif de pression se substituaient, dans ce projet, à la grande enceinte étanche qui avait été prescrite pour la pile NPD. La substitution des tubes de pression à l'enceinte devait éliminer l'un des problèmes principaux et peut-être insurmontables qui se posent lorsqu'il s'agit de concevoir et de fabriquer une grande centrale nucléaire utilisant de l'eau lourde comme ralentisseur et de l'uranium naturel comme combustible. On a également proposé, pour charger et décharger le combustible, une méthode nouvelle qui était réellement supérieure à celle du modèle NPD. Après avoir soigneusement examiné la question, le conseil d'administration a décidé que le retard et les frais accrus qu'occasionnerait la modification du modèle NPD pour y ajouter ces nouveaux perfectionnements avaient leur raison d'être, étant donné que le nouveau modèle connu sous le nom de NPD-2 deviendrait alors le prototype des réacteurs de grandes dimensions. Les modifications furent apportées au modèle et la centrale NPD-2, qui est maintenant en voie de construction, constitue le prototype des centrales industrielles à venir.

17. Au début de 1958, une division des centrales nucléaires de l'A.E.C.L. a été établie à Toronto avec mandat de diriger les travaux du NPD-2 ainsi que de concevoir et de mettre au point un programme destiné à une grande centrale nucléaire. On estimait à ce moment-là qu'il faudrait 3 ans et demi ou 4 ans avant que le modèle détaillé de la grande centrale CANDU (*Canadian Deuterium Uranium*) soit assez avancé pour que l'on puisse espérer recevoir des offres de

prix fermes de la part des fabricants. On projetait d'achever les plans de la centrale afin de pouvoir obtenir des prix fermes relativement au coût de la construction, avant même qu'il soit décidé si la centrale devait être aménagée. Toutefois, le gouvernement a décidé, en juin 1959, sur la recommandation de l'A.E.C.L., de ne pas attendre que l'étape de mise au point du CANDU soit achevée et il a autorisé la construction de la centrale CANDU. Je reviendrai sur ce programme au cours de mon mémoire.

18. Nous ne voudrions pas que le comité pense que, pendant que l'on mettait au point tout ce travail d'énergie nucléaire, le programme de recherche sommeillait; loin de là. Le programme de recherches et d'études prenait de l'ampleur et, sans le travail du savant dans le domaine des sciences fondamentales et appliquées, il n'y aurait aucun programme d'énergie. Il travaille directement à la conception fondamentale des réacteurs en calculant par exemple la constitution et la durée du combustible; le savant joue aussi le rôle important de conseiller général. Les ingénieurs qui réalisent le modèle consultent sans arrêt cette vaste source de connaissances en matière de science fondamentale. C'est sur la mise au point du combustible destiné aux génératrices nucléaires que Chalk River fait surtout porter ses efforts depuis plusieurs années. L'heureuse issue de ce travail, dans l'emploi d'oxyde d'uranium comme combustible en particulier, a permis en grande partie aux ingénieurs d'escompter des frais modiques pour ce qui est du combustible. Cette confiance n'est pas fondée uniquement sur la théorie. Elle est le fruit d'années d'essais effectivement réalisés dans des conditions qui sont celles d'une génératrice nucléaire. Cette réalisation aurait été impossible sans l'appui d'une solide équipe de savants et d'ingénieurs et, bien entendu, de très bons aménagements d'expérimentation.

#### *Les objectifs de l'A.E.C.L.*

19. En tant qu'organisme d'État chargé de la recherche et des études dans le domaine de l'énergie atomique, l'A.E.C.L. a des responsabilités et des objectifs divers. Elle doit procéder à des recherches fondamentales dans ses propres installations et doit encourager la recherche dans d'autres établissements canadiens, en particulier dans les universités. Dans le domaine de la recherche fondamentale, la société met surtout l'accent sur l'outillage spécial tel que les piles de recherche et les gros accélérateurs ou sur les entreprises où il faut pouvoir se procurer facilement des quantités et des sortes variées de matières radioactives.

20. La recherche appliquée et la mise au point constituent un autre secteur général auquel il faut consacrer bien des efforts en vue d'encourager l'utilisation pratique de l'énergie atomique. C'est l'utilisation de l'électricité d'origine nucléaire qu'en fin de compte on recherche évidemment, ce qui comporte l'étude de matières et d'outillage destinés à fonctionner dans des conditions jamais rencontrées. Le combustible destiné aux piles ouvre aux chimistes, aux métallurgistes, aux physiciens et aux ingénieurs industriels un tout nouveau domaine. Des pièces mécaniques aussi simples que les pompes et les soupapes doivent être réadaptées et soumises à des essais minutieux, afin de répondre à des conditions beaucoup plus rigoureuses que celles qu'il fallait prévoir auparavant. La société et l'industrie canadienne s'efforcent par tous les moyens de trouver une solution aux nombreux problèmes industriels qui se posent.

21. La société a un autre objectif, bien qu'il ne s'agisse peut-être pas d'une responsabilité précise. C'est d'entretenir l'idée que les services d'études et de recherches sont utiles et précieux et qu'ils font partie intégrante de l'industrie canadienne. On fait à cette fin des efforts concertés dans le dessin de faire entreprendre par l'industrie des travaux d'étude, quand la direction

s'intéresse suffisamment à la question pour se charger de contrats d'étude. Nos efforts tendent, en partie, à former d'importants groupes d'études industriels hautement qualifiés qui permettront d'améliorer les produits canadiens sur le plan technique et économique.

22. Étant donné que l'A.E.C.L. possède les principales installations du Canada dans le domaine des recherches sur l'énergie nucléaire et que son personnel se compose d'un groupe solide de chercheurs d'expérience, il est naturel que l'une de nos responsabilités consiste à former des savants, des ingénieurs et des techniciens. Se reconnaissant cette responsabilité, la société l'aborde de bien des manières. Sans accorder des bourses aux universités pour qu'elles aident à la recherche scientifique, l'A.E.C.L. participe, dans une certaine mesure, à l'octroi des subventions qu'accordent le Conseil national de recherches et la Commission de contrôle de l'énergie atomique. L'A.E.C.L. conclut de petits contrats avec les universités pour qu'elles se livrent à des recherches spécifiques à telle fin précise. Pour permettre d'entretenir des rapports étroits entre nos savants et le personnel de recherche des universités qui travaille dans le domaine de l'énergie atomique, la Commission de contrôle de l'énergie atomique et l'A.E.C.L. ont convenu que le personnel de l'A.E.C.L. devrait examiner les progrès réalisés en vertu des subventions accordées par la C.C.E.A. à des fins de recherche. Des étudiants de dernière année, des diplômés et certains membres du corps enseignant des universités sont employés chaque année durant l'été à Chalk River. Durant leur séjour, ils s'incitent au travail que nous faisons et nous espérons que bon nombre d'entre eux continueront à s'intéresser utilement à l'énergie atomique. Par la même occasion, notre personnel de direction a l'occasion d'observer de virtuels employés. Les membres du corps enseignant des universités continuent à s'adonner dans les installations spéciales de Chalk River, à un genre de recherche qu'ils ont déjà entrepris dans les laboratoires de l'université ou bien ils apprennent de nouvelles techniques et problèmes qu'ils décideront peut-être d'étudier en rentrant. Bien des facultés comptent parmi leurs membres des élèves de Chalk River. Quelques-uns de nos meilleurs chercheurs se sont dirigés vers d'autres emplois au Canada. Même si ce roulement de personnel exige une formation et une préparation nouvelles de personnel pour combler ces emplois vacants, nous l'encourageons et nous sommes d'avis qu'il constitue un aspect important de notre tâche. Nous organisons des visites de groupes d'étudiants à tous les niveaux à partir de l'entrée au cours secondaire et nous donnons des causeries et des conférences à des groupes de gens très divers, certaines s'adressant à des écoliers, d'autres à des cercles et d'autres revêtant un caractère hautement technique.

23. Quand on envisage le rôle que l'A.E.C.L. jouera dans l'avenir de l'électricité d'origine nucléaire au Canada, il faut se souvenir que les entreprises fournissant des services électriques dans le pays, qu'elles appartiennent au domaine privé ou à l'État, ont pour fonction de fournir de l'énergie électrique à leurs clients. Obtenir toute l'énergie électrique dont il a besoin au prix le plus bas possible, voilà l'intérêt du consommateur. Il se préoccupe bien peu de savoir si l'électricité est produite par l'eau, des combustibles fossiles ou une pile atomique. C'est aux entreprises qui fournissent les services électriques de décider du moment où elles veulent incorporer des centrales nucléaires dans leurs systèmes. Il leur faudra se munir de génératrices supplémentaires et les ingénieurs-conseils et les fabricants estimeront peut-être que des centrales nucléaires seraient la meilleure solution. On peut croire que telle sera leur recommandation quand l'énergie nucléaire se sera révélée, en tant que source de remplacement, sûre, économique et sans danger.

24. Nous estimons que c'est à l'A.E.C.L. qu'il incombe d'orienter la recherche et l'exploitation de l'énergie atomique, afin qu'on puisse produire cette dernière dans des centrales qui soient sans défaut du point de vue technique,

sans danger et, pour que cette énergie revienne à un prix assez bas pour être acceptée.

25. Étant donné le rôle que les entreprises qui fournissent des services électriques, les ingénieurs et les fabricants vont avoir à jouer pour introduire l'électricité d'origine nucléaire à une grande échelle dans notre pays; l'A.E.C.L. se rend compte qu'il importe de les tenir au courant de l'état actuel des perfectionnements réalisés dans ce domaine, et des perspectives d'avenir. On tient régulièrement à Chalk River des symposiums destinés à ces groupes sur des questions d'intérêt général et technique. Les ingénieurs-conseils, les fabricants et les entreprises d'utilité publique sont invités à travailler auprès du personnel pendant des périodes prolongées, tant à Chalk River qu'à la division des centrales nucléaires à Toronto. Nous estimons que pareille formation sur place procure aux entreprises en cause le meilleur moyen d'évaluer par elles-mêmes le rôle qu'elles souhaitent jouer dans l'avenir de l'énergie atomique au Canada et, réciproquement, le rôle que l'énergie atomique peut jouer dans leur avenir. Nous avons aussi créé dernièrement une école de science nucléaire à Chalk River où sont donnés des cours d'une durée de trois mois destinés à procurer une formation spécialisée dans le domaine de la technique nucléaire.

26. L'approvisionnement en isotopes radioactifs aux usagers canadiens est une autre responsabilité précise qu'il faut attribuer à l'A.E.C.L. L'approvisionnement en isotopes ne pose aucun problème et, à part certains dons gracieux consentis aux universités, il se fait normalement d'après les méthodes commerciales ordinaires. La division des Produits commerciaux n'est pas censée faire de profit, mais elle a réussi à faire ses frais depuis les huit années qu'elle fonctionne. Si le commerce d'exportation qui est très important et atteint 90 p. 100 du chiffre total des ventes, n'existait pas, une gamme variée de matières et de services dont disposent les usagers canadiens ne pourraient leur être fournis sans que la division touche chaque année une subvention importante ou qu'elle exige des prix exorbitants.

27. La multiplication des usages des isotopes est un domaine qui se trouve stimulé de bien des côtés. Les entreprises commerciales au Canada et à l'étranger déploient énormément d'activité dans ce domaine. Les chercheurs dans le secteur de l'agriculture et de la médecine ont mis au point bien des utilisations grâce au travail universitaire et aux travaux d'ordre pratique. On estime que de bien meilleurs résultats seront obtenus si les usagers eux-mêmes trouvent de nouvelles applications et de nouvelles techniques. L'A.E.C.L. est prête à fournir son aide dans tout domaine où elle pourrait avoir des connaissances spéciales ou encore de l'outillage spécial, en outre les membres de son personnel sont toujours disponibles pour donner des consultations. Nous avons, en fait, contribué sensiblement à la mise au point de bien des applications de l'énergie atomique, mais on n'estime pas que ce domaine doive être une préoccupation constante et primordiale. La seule exception, toutefois, intéresse la mise au point de machines utilisant du cobalt-60 à des fins médicales et industrielles; nous nous sommes particulièrement adonnés à ce domaine et nous avons remporté de bons résultats.

#### *L'organisation de l'A.E.C.L. de manière à réaliser les objectifs tracés*

28. En conformité de la loi sur le contrôle de l'énergie atomique, l'*Atomic Energy of Canada Limited* a été constituée en société aux termes de la loi sur les compagnies en février 1952, en tant que société de la Couronne. Elle fonctionne en majeure partie de la même manière que n'importe quelle autre société, excepté que les actions (compte tenu des actions statutaires des administrateurs) sont gardées en fiducie pour sa Majesté par un ministre de la Couronne, que la société ne peut agir qu'à titre de mandataire de la Couronne.

29. Les buts et objectifs de l'A.E.C.L., aux termes de l'amendement de 1954 à la loi sur le contrôle de l'énergie atomique, sont les suivants:

«Exercer et exécuter au nom du ministre, selon la définition donnée dans la loi sur le contrôle de l'énergie atomique, des pouvoirs tels que ceux qui sont conférés au ministre par le paragraphe 1 de l'article 10 de ladite loi, selon que ledit ministre pourra l'ordonner de temps à autre.»

Le paragraphe 1 de l'article 10 de la loi autorise le ministre à entreprendre ou à faire entreprendre des recherches et enquêtes sur l'énergie atomique et, avec l'approbation du gouverneur en conseil, à utiliser, faire utiliser l'énergie atomique et se préparer en vue de l'utilisation de cette dernière, d'acquérir des biens à ces fins, et de s'occuper des brevets d'invention relatifs à l'énergie atomique.

30. Dans la loi sur le contrôle de l'énergie atomique, le mot «ministre» signifie le «président du Comité du Conseil privé sur les recherches scientifiques et industrielles défini dans la loi sur le Conseil de recherches, ou un autre membre du Conseil privé de la Reine, pour le Canada, désigné par le gouverneur en conseil comme ministre aux fins de la présente loi». Comme vous le savez, c'est le ministre du Commerce qui est président du Comité du conseil privé sur les recherches scientifiques et industrielles et c'est à lui que répond l'A.E.C.L. Les actions de l'A.E.C.L. sont émises au nom du président de ce comité.

31. Comme l'exige la loi sur les compagnies, une réunion des actionnaires a lieu une fois l'an aux fins habituelles, y compris la nomination des administrateurs. Les statuts de la Compagnie spécifient que «la durée du mandat des administrateurs sera de deux ans à compter de la date de la réunion où ils auront été nommés ou élus ou jusqu'à ce que leurs successeurs soient nommés». Le conseil d'administration est pleinement responsable du fonctionnement de la société. Il y a, à l'heure actuelle, 11 administrateurs dont voici les noms:

MM. J. S. Duncan, président de la commission d'énergie hydro-électrique d'Ontario, Toronto (Ont.)

G. A. Gaherty, président de la *Calgary Power Limited*, Calgary (Alb.)

A. R. Gordon, directeur du département des Études post-universitaires de l'Université de Toronto, Toronto (Ont.)

J. L. Gray, président de l'*Atomic Energy of Canada Limited*, Ottawa (Ont.)

R. L. Hearn, ingénieur-conseil à Queenston (Ont.)

L. L. O'Sullivan, membre de la Commission d'énergie hydro-électrique du Québec, Montréal (P.Q.)

C. S. Parsons, ingénieur-consultant, à Wolfville (N.-É.)

G. M. Shrum, directeur du département de physique de l'université de la Colombie-Britannique, Vancouver (C.-B.)

D. M. Stephens, président et directeur général de la Commission hydro-électrique du Manitoba, Winnipeg (Man.)

James Stewart, directeur de la Banque canadienne de Commerce, à Toronto (Ont.)

F. C. Wallace, président de la *Canadian Pittsburgh Industries Limited*, Toronto (Ont.)

32. On peut constater que les administrateurs représentent des catégories sociales variées et qu'ils viennent de toutes les régions du Canada.

33. Des réunions du conseil ont lieu environ quatre fois par an, mais un comité exécutif du conseil composé de MM. G. A. Gaherty, A. R. Gordon, J. L. Gray et R. L. Hearn se réunit environ toutes les quatre ou six semaines.

34. On peut mieux se rendre compte de l'organisation de l'A.E.C.L. en consultant le tableau dont vous avez reçu des exemplaires.

35. On remarquera que les différentes branches de la société sont organisées sous forme de divisions. La division des recherches et celle des études font rapport à un vice-président de la société, M. W. B. Lewis. Les divisions qui s'occupent de l'exploitation des piles, des plans et modèles, et des services de la centrale rendent compte de leur activité au directeur des travaux, M. R. F. Wright. Les autres divisions font rapport directement au président. On trouvera, dans les rapports placés en appendice à celui-ci, des détails concernant l'importance et la classification du personnel ainsi que les responsabilités et programmes des divisions.

36. Même si l'A.E.C.L. retire un revenu de son exploitation elle est néanmoins tributaire, en grande partie, des sommes votées par le Parlement. Les fonds qu'elle touche du Parlement sont destinés à quatre fins:

- a) Travaux de recherches—Le coût net de la mise à exécution du programme de recherches et d'étude de même que la gestion des services auxiliaires.
- b) Capitaux destinés à la recherche—Bâtiments, travaux et outillage exigés afin de réaliser le programme de recherches.
- c) Capitaux consolidés—Dépenses engagées à même des biens qui sont censés procurer un revenu (comme les logements à Deep River et une tranche du coût du réacteur NRU).
- d) Fonds de roulement—Caisse des stocks de matières et d'outillage fabriqués en vue de la vente.

37. Les dépenses des catégories a) et b) sont défalquées des livres de la société, qui en garde cependant des comptes pour mémoire dans le cas des articles relatifs aux capitaux destinés à la recherche. Des titres de capital actions ou autres obligations de la société, tels que les effets portant intérêt, sont émis annuellement pour amortir les dépenses engagées au titre des catégories c) et d).

38. Chaque année on prépare un budget de dépenses relatif aux fonds dont on prévoit avoir besoin au cours de l'année financière suivante, et on le soumet au conseil d'administration. Après que celui-ci a examiné le budget en détail et est convenu d'un programme, le budget est alors soumis au ministre qui, à son tour, après l'avoir approuvé, le transmet au Conseil du Trésor. C'est le conseil du Trésor qui examine le budget des dépenses de l'A.E.C.L. en même temps qu'il fait l'examen annuel des dépenses des ministères et des autres corporations et organismes fédéraux. Le budget des dépenses de l'A.E.C.L. figure au Livre bleu et il est soumis en temps et lieu à l'approbation du Parlement.

39. Après que le budget annuel de l'A.E.C.L. a reçu l'approbation du Parlement, c'est au conseil d'administration qu'il incombe d'administrer les fonds. Toutes les immobilisations qui excèdent la somme de \$5,000 chacune sont soumises à l'examen et à l'approbation du conseil d'administration.

40. Les méthodes de comptabilité suivies à l'A.E.C.L. sont conformes à celles qui sont employées dans l'industrie comme, par exemple, la préparation d'états financiers mensuels, où les dépenses engagées chaque mois sont comparées aux budgets prévus pour chaque mois.

41. C'est l'Auditeur général du Canada qui vérifie les opérations financières de l'A.E.C.L.

42. Abordons maintenant les questions de personnel. Au 31 mars 1960, 2,712 personnes émargeaient aux listes de paye de l'A.E.C.L. Ce nombre comprenait 518 employés de catégorie professionnelle, 997 de catégorie non professionnelle et 1,197 employés rémunérés à l'heure. Voici quelle était la répartition du personnel par établissement:

|  | Catégorie profes-<br>sionnelle | Catégorie non-profes-<br>sionnelle | Personnel<br>rémunéré<br>à l'heure | Total |
|--|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------|
| Bureau principal à Ottawa ..                           | 4                              | 4                                  |                                    | 8     |
| Chalk River .....                                      | 413                            | 825                                | 1,123                              | 2,361 |
| Division des centrales nuclé-<br>aires à Toronto ..... | 49                             | 55                                 |                                    | 104   |
| Division des produits commer-<br>ciaux à Ottawa .....  | 52                             | 113                                | 74                                 | 239   |
| Totaux .....   | 518                            | 997                                | 1,197                              | 2,712 |

43. En général, les conditions de service pour le personnel des catégories professionnelles et non professionnelles sont analogues à celles qui existent au Conseil national de recherches. Aucune modification importante n'a été apportée quand l'A.E.C.L. s'est scindée du Conseil national de recherches en 1952 ni depuis. Le Conseil national de recherches, le Conseil de recherches pour la défense et la Commission du service civil entretiennent des relations étroites à propos des questions intéressant le personnel. Le vice-président à l'administration du Conseil national de recherches est membre du comité chargé d'examiner les traitements du personnel de la catégorie professionnelle de la division des recherches de l'A.E.C.L. et d'approuver les recommandations d'avancement et les nouvelles nominations.

44. Les techniciens, dessinateurs et employés rémunérés à l'heure à Chalk River appartiennent à un syndicat et leurs conditions de travail sont réglées par entente collective. A l'heure actuelle, des accords sont en vigueur entre l'A.E.-C.L. et les groupes suivants:

- Les techniciens et technologues de Chalk River, local 1568 du Congrès du Travail du Canada pour la période s'étendant du 1<sup>er</sup> juin 1960 au 31 mai 1961.
- Les dessinateurs d'énergie atomique de Chalk River, local 1569 du Congrès du Travail du Canada, pour la période s'étendant du 1<sup>er</sup> juin 1959 au 31 mai 1960.
- Les divers syndicats énumérés dans l'accord conclu avec le Conseil allié de l'énergie atomique de la Fédération américaine du Travail et le Congrès des organisations industrielles (AFL-CIO) ainsi que le Congrès du Travail du Canada, pour la période s'étendant du 1<sup>er</sup> avril 1959 au 31 mars 1961. (Cet accord vise tous les syndicats de travailleurs de Chalk River qui sont rémunérés à l'heure.

La Division des produits commerciaux à Ottawa a conclu une entente syndicale distincte avec ses employés rémunérés à l'heure. Cette entente existe entre la Division des produits commerciaux de l'A.E.C.L. et le syndicat des travailleurs atomiques d'Ottawa, local 1541 du Congrès du Travail du Canada, pour la période s'étendant du 1<sup>er</sup> avril 1959 au 31 mars 1961.

45. Même si nous reconstruisons les divergences d'opinions habituelles quand il s'agit de négocier les ententes, nos rapports, avec tous ces syndicats, je le dis avec plaisir, ont été cordiaux et on constate que l'estime et l'harmonie règnent de part et d'autre.

*Les aménagements de l'A.E.C.L. en vue de répondre aux objectifs*

46. Il a déjà été question de trois piles expérimentales de Chalk River—ZEEP, NRX et NRU. Nous avons en plus à Chalk River deux petites piles expérimentales—le réacteur d'essai genre piscine (PTR) et le ZED-2. Vous pourrez voir tous ces réacteurs lors de votre visite à Chalk River et obtenir plus de détails sur le fonctionnement. On trouvera aussi des détails supplémentaires en appendice.

47. Même si la majeure partie des recherches faites à Chalk River est concentrée sur les réacteurs, il faut en outre un important matériel accessoire, sur-tout en physique fondamentale. Un accélérateur Van de Graaff fonctionne à Chalk River depuis bien des années et, dernièrement, on a installé un gros accélérateur en tandem de 10 MeV. Ce générateur, le premier du genre au monde a été construit par l'entreprise *High Voltage Engineering Corporation* de Boston aux termes d'un contrat passé par l'A.E.C.L. L'appareil a tellement bien fonctionné dès le début que d'autres centres de recherches du monde en ont commandé ou fabriqué environ une douzaine. L'an dernier un nouveau spectromètre beta du type Chalk River est aussi entré en fonctionnement. Il a été construit pour nous par la *Canadair Limited*.

48. Nous possédons, à Chalk River, bien des installations spéciales qui jouent le rôle de complément des réacteurs et des grands appareils destinés aux recherches. Nous avons, par exemple, les «cellules de haute activité» et les «caves» qui servent à l'examen de matières fortement radioactives, comme le combustible irradié. Il est bon de dire un mot de ce qu'on appelle les «boucles». Il y en a sept dans la pile NRX et deux dans la pile NRU. Ces boucles ont une très grande valeur du point de vue de l'étude et de la mise au point des génératrices nucléaires. On introduit des tubes dans le cœur du réacteur et on fait circuler des fluides de refroidissement à haute température et à haute pression le long de ces tubes sur le combustible expérimental ou prototype que contiennent les tubes. On reproduit ainsi des conditions analogues à celles qui existeraient dans une génératrice nucléaire. Autrement dit, on établit, dans un réacteur de recherche, une partie d'un réacteur énergie. On fait, bien entendu, des expériences hors du réacteur en utilisant la température, la pression, le fluide de refroidissement et le type de combustible voulus; mais ce n'est qu'en réalisant ces expériences dans une installation logée à l'intérieur du réacteur qu'il est possible de simuler les conditions réelles d'un champ de radiations intenses. Comme ces boucles ou circuits sont en grande demande, il est nécessaire d'en organiser très soigneusement l'utilisation pour en obtenir un rendement maximum. Depuis un certain nombre d'années, nous partageons une partie de nos installations avec l'USAEC et l'UKEA que nous accueillons en tant qu'associés. Vous aimerez peut-être savoir que les cartouches de combustible employées pour le Nautilus et pour la centrale atomique PWR à Shippingport ont été essayées et, dans une grande mesure, mises au point dans les boucles de Chalk River.

49. L'A.E.C.L. dispose d'excellentes installations pour produire et transformer une longue gamme d'isotopes. Les réacteurs de Chalk River auxquels s'ajoutent les installations de «caves» à grande intensité permettent la production et la manutention de matières de haute qualité. Cependant, nous ne transformons pas le combustible usé provenant des réacteurs et, par conséquent, nous ne récupérons pas d'isotopes radioactifs, c'est-à-dire de produits de fission par suite d'un pareil traitement. Nous savons utiliser les procédés de séparation chimique nécessaires, et nous avons en réalité fait fonctionner une usine à cette fin pendant bon nombre d'années. Ce travail a été discontinué pour des raisons d'ordre économique et les isotopes dont nous avons besoin et qui proviennent des produits de fission nous sont fournis grâce à des ententes conclues avec les États-Unis et le Royaume-Uni.

50. Notre Division des produits commerciaux à Ottawa est dotée d'excellents laboratoires pour réaliser certaines manipulations spécialisées d'isotopes. Elle possède notamment des aménagements qui lui permettent de manier le radium.

51. L'été dernier, les administrateurs et la direction de l'A.E.C.L., ont étudié le développement à longue échéance des études et recherches dans le domaine de l'énergie atomique. Si le Canada veut rester parmi les nations de premier plan dans le domaine de l'énergie atomique, il faut qu'il s'évertue à pousser sans cesse les études et les recherches dans ce domaine. En une quinzaine d'années, Chalk River a pris de l'essor. L'entreprise emploie quelque 2,400 travailleurs et compte plusieurs installations importantes, y compris des réacteurs de recherche. On peut s'attendre que d'ici une vingtaine d'années il faudra construire plusieurs nouvelles installations importantes d'étude et de recherche.

52. Un centre d'étude et de recherche ne peut s'agrandir indéfiniment sans perdre de son rendement. Il peut atteindre de trop grandes dimensions pour être bien administré. Il peut se trouver muni de trop d'outillage et d'installations pour fonctionner efficacement. Bien qu'il soit impossible de donner des chiffres exacts quant aux dimensions maximums souhaitables, l'entreprise de Chalk River donne des indices prouvant qu'elle arrive à la limite d'expansion où l'adjonction de nouvelles pièces importantes d'outillage serait peu sage.

53. Tenant compte de ces considérations à longue échéance, les administrateurs et la direction de l'A.E.C.L. ont recommandé au gouvernement de cesser d'accroître Chalk River et ont proposé de choisir un nouvel emplacement réservé à l'expansion future. Le 1<sup>er</sup> octobre 1959, le ministre a annoncé la décision du gouvernement de dresser des plans en vue de la construction d'un nouveau centre d'étude et de recherche au Manitoba. On s'attend que la prochaine entreprise d'envergure réalisée par l'A.E.C.L. sera peut-être un réacteur expérimental ayant un refroidisseur organique, utilisant l'uranium naturel comme combustible et muni d'un ralentisseur d'eau lourde. Pareille entreprise constituerait la première installation d'importance du nouvel emplacement et tendrait à tracer dès le début le programme de l'établissement. On s'attend que d'ici quelques années, le nouveau centre nucléaire, connu sous le nom d'Établissement de recherche nucléaire de Whiteshell, prendra beaucoup d'importance. L'essor de pareil centre au Manitoba contribuera au développement général de l'Ouest du Canada dans le domaine technique et scientifique.

#### *La place de l'énergie atomique au Canada*

54. C'est un fait bien connu que le Canada dispose de vastes ressources hydrauliques inexploitées et d'une abondance de combustibles fossiles bon marché. En comparant la demande totale d'énergie au total estimatif des réserves d'énergie hydraulique et de combustibles fossiles, on peut conclure que les sources classiques d'énergie sont suffisantes pour répondre aux besoins énergétiques du Canada pour de nombreuses années à venir. Mais ces ressources ne sont ni réparties également dans tout le pays ni situées près des régions où la demande en énergie sera probablement très forte. Les régions dont les ressources hydrauliques sont épuisées et qui ne disposent pas de leurs propres combustibles ordinaires seront obligées d'importer des combustibles fossiles, à moins de trouver une autre source d'énergie à prix convenable. L'énergie atomique est une de ces autres sources d'énergie et elle sera utilisée quand on en aura démontré la sûreté de fonctionnement et établi le coût. Les centrales atomiques devraient contribuer à fixer un nouveau coût maximum de l'énergie et, dans certaines circonstances, renverser la tendance à l'augmentation constante du coût de l'énergie électrique. Il est possible que l'énergie atomique constitue une source d'énergie pour les régions reculées où les frais de transport des combustibles ordinaires majorent sensiblement les prix ou créent des problèmes de logistique.

55. Le taux d'augmentation de la demande mondiale d'électricité a été établi en moyenne à environ 7 p. 100 par année depuis plusieurs décennies et on prévoit qu'il se maintiendra. En Amérique du Nord, où nous consommons presque la moitié de l'électricité du monde entier, rien ne laisse prévoir un ralentissement de l'augmentation de la demande. Pour donner un exemple concret, rappelons que le réseau de distribution ontarien aura probablement un taux d'augmentation annuelle de 6 p. 100 jusqu'en 1980. On comprendra peut-être mieux les conséquences de cette croissance en pensant au temps requis pour doubler le volume des installations. Un réseau qui augmente à raison de 7 p. 100 par année aura doublé au bout de dix ans. Quand on tient compte de toutes les centrales d'énergie qui existent au Canada, on comprend que ce n'est pas une mince tâche de créer une capacité correspondante en dix ans. La doubler de nouveau pour 1980, par exemple, semble presque incroyable. Mais il paraît certain que cela se réalisera et que toute source d'énergie économique et sûre fera l'objet d'une demande qui augmentera rapidement.

56. Les endroits qui se prêtent le mieux à des aménagements hydro-électriques et les combustibles les moins chers seront exportés en premier lieu, bien sûr. Ensuite, il faudra construire des centrales hydro-électriques plus loin des centres de demande et l'aménagement de lignes de transmission augmentera le coût de l'énergie. Les nouvelles centrales thermiques utiliseront des combustibles dont le prix augmentera nécessairement, au fur et à mesure qu'il faudra exploiter des gites moins économiques, que les gisements se feront de plus en plus rares et que les frais de transport augmenteront. La conclusion inévitable, c'est qu'à la longue, le coût réel de l'énergie électrique provenant de sources ordinaires va augmenter graduellement.

57. En Ontario, les principales sources d'énergie hydraulique étant déjà en exploitation, la Commission hydro-électrique se tourne surtout vers l'énergie thermique pour répondre à la demande future. Elle prévoit qu'en 1980, sa productivité aura atteint 20 millions de kilowatts comparativement à 6 millions aujourd'hui. Sur ces 20 millions de kilowatts, 6 millions proviendront de l'énergie hydro-électrique et les autres 14 millions, de sources thermiques classiques et d'autres sources.

58. C'est en fonction de ces données d'ensemble, de ces circonstances, qu'il faut examiner le rôle de l'énergie atomique. Il est maintenant bien établi que les réacteurs atomiques peuvent produire de l'électricité. La demande croissante d'énergie électrique saute aux yeux. La grande incertitude, c'est le coût de l'énergie nucléaire. Il n'existe pas encore de centrale nucléaire qui produise de l'électricité à aussi bon compte que les centrales classiques. A mesure que des centrales atomiques fondamentalement analogues sont construites les unes après les autres, les frais d'immobilisation par kilowatt diminuent, ainsi qu'on l'a démontré au Royaume-Uni, et le coût des combustibles nucléaires diminue à mesure qu'on acquiert de l'expérience dans la fabrication et l'utilisation de combustible très concentré. Les données découlant de la conception, de la mise au point et de la construction même des centrales démontrent toutes que les unités nucléaires peuvent affronter la concurrence dans certaines conditions.

59. En regardant au delà du présent, on constate que le coût de l'énergie provenant de centrales classiques va augmenter. Jusqu'ici, le coût de l'électricité provenant des centrales nucléaires est relativement élevé, mais les progrès scientifiques et techniques qui accompagnent toute nouvelle évolution technique contribueront à le faire baisser. Il viendra un moment où les tendances des deux coûts vont se croiser; l'énergie nucléaire coûtera moins cher que l'énergie classique provenant de combustibles fossiles plus coûteux. Très

rares, s'il y en a, sont ceux qui le nient. Les optimistes et les pessimistes ne diffèrent d'opinion qu'au sujet du moment où ce renversement se produira.

60. Bien sûr, le renversement va se faire attendre plus ou moins selon les circonstances. Il va varier selon les pays, les régions d'un même pays, les dimensions des centrales et il sera subordonné aux divers éléments qui entrent dans le prix de revient de l'énergie. Une étude approfondie s'imposera dans chaque cas.

#### *Le programme canadien de centrales nucléaires*

61. A ce stade-ci de l'essor de l'électricité d'origine atomique au Canada, presque tout le travail de création et de construction de centrales nucléaires est à la charge du gouvernement fédéral. Des sociétés privées d'ingénieurs et certains fabricants ont apporté une contribution relativement faible dans le domaine des plans. Mais ce travail s'est limité aux études techniques. Dans la mise au point d'un nouveau procédé technique tel que la production d'électricité par l'énergie atomique, où les aléas sont si nombreux et les frais si élevés, c'est d'habitude le gouvernement fédéral au Canada, qui, dans le passé, à assumé la plus grande partie du coût initial. La situation va se modifier, c'est certain, et avant longtemps, des sociétés d'ingénieurs-conseils, en collaboration avec les fabricants, proposeront des plans complets de centrales nucléaires qui répondront aux exigences des services d'utilité publique.

62. L'A.E.C.L. s'est sentie responsable au premier chef de la mise au point d'une génératrice nucléaire pouvant répondre aux besoins généraux des services canadiens d'utilité publique. Nous nous occupons de cette affaire depuis peu quand nous avons compris qu'aucun modèle de centrale ne conviendrait à tous les services d'utilité publique à cause de différences considérables dans leur nature et dans leur objet. Le mode de financement, l'importance de l'installation à réaliser le coût des autres sources d'énergie disponibles sont des facteurs qu'il faut examiner attentivement avant de décider quel serait le modèle approprié de centrale atomique.

63. Le programme de l'AECL, en plus du programme de recherches général de Chalk-River, comprend quatre projets de réacteurs précis—le NPD 2, centrale nucléaire de démonstration; la centrale nucléaire de Douglas Point qui comprend le réacteur CANDU; le réacteur expérimental à refroidisseur organique et ralentisseur d'eau lourde (OCDRE); et de petites génératrices nucléaires qui pourraient être utilisées dans les régions reculées.

64. Le NPD-2 et la centrale de Douglas Point peuvent s'étudier ensemble, car ils constituent le programme visant la mise au point de grandes centrales économiques produisant 200,000 kilowatts ou plus d'électricité.

65. Le NPD-2, dont le rendement est de 20,000 kilowatts d'électricité, est le prototype des grandes centrales. Il est en voie de construction à Rolphoton (Ontario) et l'on prévoit qu'il fonctionnera vers le milieu de l'été 1961. Il s'agit d'une entreprise à laquelle collaborent l'*Atomic Energy of Canada Limited*, la Commission d'énergie hydro-électrique de l'Ontario et le *Canadian General Electric Company Limited*. L'engagement de l'AECL porte sur la partie nucléaire de la centrale, celui de l'Hydro-Ontario sur la centrale classique qu'elle dirigera, une fois l'installation terminée, et celui de la *Canadian General Electric* sur le détail des plans et la construction de toute la centrale, cette société a contribué pour 2 millions de dollars au coût des plans et de la mise au point. La centrale ne produira pas de l'énergie électrique bon marché. On prévoit cependant qu'elle fera la preuve de la sûreté d'exploitation de ce genre de centrale qu'elle précisera l'économie des transformations cycliques des combustibles et qu'elle servira à la formation des techniciens.

66. La centrale de Douglas Point, d'une productivité de 200,000 kilowatts, sera la première grande installation nucléaire du Canada. Les plans et la mise au point de cette entreprise sont déjà avancés, l'emplacement est choisi et les premiers travaux de construction viennent de commencer. La centrale doit être terminée vers le milieu de 1964 et devrait fonctionner à plein rendement plus tard dans la même année. L'AECL sera propriétaire de toute la centrale, qui sera exploitée par le personnel de l'Hydro-Ontario. D'ailleurs, l'Hydro-Ontario achètera l'énergie selon une formule convenue. Quand on aura démontré que la centrale peut être incorporée avec profit dans le réseau de l'Hydro-Ontario—on croit que cela prendra trois ans—cette dernière sera tenue d'acheter la centrale complète à un prix qui lui permettra de continuer à produire de l'électricité au même prix que si elle exploitait une centrale thermique et utilisait de la houille.

67. Le réacteur OCDRE dont le projet vient d'être lancé a pour objet de répondre aux besoins des petits services d'utilité publique auxquels des centrales de 50,000 à 150,000 kilowatts conviendraient mieux. L'utilisation d'un liquide organique au lieu de l'eau lourde comme refroidisseur ou comme agent de transmission de chaleur permet d'économiser de fortes sommes dans les frais d'établissement, vu qu'il s'agit d'un appareil à basse pression et à haute température. Les éléments de pression dans le réacteur n'ont pas besoin d'être aussi robustes et on peut obtenir un rendement de la chaleur dans les échangeurs et dans les turbines, ce qui assurera en général une exploitation plus efficace de la centrale. A l'heure actuelle, ce projet consiste en un contrat intervenu avec la *Canadian General Electric Co. Ltd* pour une partie du travail de création et pour certains avant-projets. En même temps que ces travaux, un programme se poursuit très activement à Chalk River dans le domaine du génie chimique et de la métallurgie afin d'en arriver à une meilleure connaissance des substances organiques auxquelles on songe comme refroidisseurs. La compagnie espère recevoir au mois d'août de cette année un rapport qui lui permettra de déterminer la prochaine phase des travaux. Le rapport recommandera peut-être un projet de réacteur en particulier. Si la direction et les administrateurs sont satisfaits, ils recommanderont au gouvernement d'approuver le projet OCDRE et d'en autoriser la construction au Centre de recherches nucléaires de Whiteshell comme première pièce du matériel principal. La préparation des plans définitifs pourrait commencer au printemps de 1961 et les travaux de construction vers l'été ou l'automne de 1962.

68. Les travaux relatifs aux très petites installations susceptibles d'être utilisées dans les régions éloignées ont consisté surtout en une étude des très nombreuses données disponibles aux États-Unis. Un contrat accordé à la *Canadian Westinghouse Company* porte sur la revision de toutes les informations pertinentes spontanément fournies par l'USAEC concernant ces piles à combustible enrichi comme l'«Army Package Power Reactor» (petites génératrice de l'armée). et sur une étude détaillée de l'utilisation possible de ces piles dans le Nord canadien. Les postes du Nord semblent un peu restreints pour utiliser efficacement une centrale nucléaire. Une étude spéciale a été faite de l'emplacement de Frobisher-Bay, et on en a conclu que l'aménagement d'une centrale nucléaire augmenterait probablement d'environ 25 p. 100 le coût de l'énergie pour la production d'électricité et de chaleur. A mesure que les postes du Nord grandiront ou que la demande augmentera, ou bien advenant une augmentation sensible du coût du mazout, on peut prévoir que l'intérêt porté à la possibilité d'utilisation d'une centrale nucléaire s'accroîtra considérablement.

69. Je tiens à bien signaler aux membres du comité que l'AECL a mis l'accent sur les réacteurs utilisant l'eau lourde comme ralentisseur. Cela, pour deux raisons fondamentales: c'est le système que nous connaissons le mieux et au sujet duquel nous pouvons avoir des opinions très solides. Ce qui est encore

plus important, nous sommes convaincus que c'est le système qui répond le mieux aux besoins particuliers du Canada à l'heure actuelle.

70. Nous ne fermons pas les yeux sur les autres genres de génératrices nucléaires et nous ne prétendons pas non plus que, pour certaines autres utilisations, les autres systèmes ne seront pas plus avantageux. Au fond, l'utilisation de l'énergie atomique n'a rien de mystérieux et je suis convaincu qu'une bonne équipe de savants, d'ingénieurs et d'industriels qui travaillerait durant dix ans et disposerait d'un capital de l'ordre de 100 millions, pourrait créer une bonne centrale nucléaire en se fondant sur des multiples systèmes de base qui s'offrent à nous. Reste à savoir si un réacteur techniquement réalisable serait intéressant du point de vue économique. De nombreux nouveaux plans de réacteurs ont été soumis et notre personnel en a fait une étude plus ou moins poussée. Jusqu'ici nous avons toujours trouvé, après examen, que le système du CANDU convient le mieux à nos conditions actuelles.

71. Il y a un aspect de la théorie fondamentale des génératrices nucléaires sur lequel l'AECL insiste plus que bien d'autres organismes: c'est la valeur du neutron. Nous croyons le neutron extrêmement important dans un système nucléaire: pour chaque neutron perdu ou absorbé, un autre atome de combustible fissile est nécessaire. Or l'eau lourde est tellement supérieure aux autres substances de ralentissement qu'elle donne à ceux qui utilisent ce système un grand avantage pour les aspects scientifiques ou nucléaires de l'étude. Pour vous donner une idée de la valeur relative des substances utilisées ordinairement comme ralentisseurs, disons que l'expression «rapport de ralentissement»\* dont on se sert est un indice de l'efficacité de la substance et plus le chiffre en est élevé, meilleure est la substance. L'eau ordinaire a un «rapport de ralentissement» de 72, le beryllium, de 159 et le graphite de 170 tandis que l'eau lourde a un «rapport de ralentissement» de 12,000.

72. Je crois que nous devons nous féliciter d'avoir adopté une attitude un peu différente au sujet des systèmes de réacteurs. Connaissant l'importance des neutrons et ayant à notre disposition un excellent ralentisseur, nous sommes en mesure de brûler l'uranium dans nos grands réacteurs moyennant un tel taux de combustion que le combustible usé peut être éliminé comme résidu. D'où plusieurs grands avantages, notamment celui de produire de l'énergie à un prix qui permet d'affronter la concurrence. Les provisions d'uranium naturel sont maintenant abondantes et on en trouve dans plusieurs parties du monde. Ceux qui l'utilisent peuvent s'attendre à une baisse sensible du prix d'ici quelques années et les provisions sont assurées, même pour les pays importateurs. On n'aura pas à se fier à une ou deux sources comme c'est le cas pour l'uranium enrichi. Les installations nucléaires qui ne peuvent, pour des raisons d'économie, mettre au rancart leur combustible usé doivent prévoir des moyens de nouveau traitement du combustible ou confier le soin de ce nouveau traitement à d'autres par contrat. Le traitement chimique de combustibles fortement radioactifs et l'emmagasinement subséquent du plutonium, le ré-enrichissement de l'uranium avili et l'élimination des déchets fissiles fortement radioactifs non seulement ajoutent des complications au système mais peuvent en augmenter sensiblement le coût. La valeur d'un stock de plutonium peut, à elle seule, représenter des montants considérables dans le coût d'un système nucléaire et les frais fixes continueront d'augmenter tant qu'un système nucléaire économique brûlant du plutonium n'aura pas été mis au point. Rien ne laisse prévoir une telle réalisation. Je crois que personne au monde ne conteste l'avis selon

\*Le «rapport du ralentissement» est un nombre qui se calcule d'après la section efficace de diffusion, la section efficace d'absorption et l'énergie des neutrons avant et après la collision avec l'élément à l'étude.

lequel un système utilisant l'uranium naturel, à condition de pouvoir se procurer ce dernier à aussi bon compte que d'autres matières et de pouvoir éliminer le combustible usé serait préférable à tout autre réacteur thermique.

#### *Collaboration avec d'autres pays*

73. A la fin de la première conférence des Nations Unies sur l'utilisation pacifique de l'énergie atomique tenue à Genève en août 1955, presque toutes les informations relatives à l'utilisation pacifique de l'énergie atomique avaient été classées. En fait, tout le travail de l'AECL est maintenant libéré des secrets imposés aux fins de la sécurité. Par conséquent, nous pouvons publier des rapports de nos travaux techniques et parler de notre programme des savants et des ingénieurs d'autres pays.

74. Depuis le tout début, la collaboration avec le Royaume-Uni est étroite et harmonieuse. Le personnel de l'AECL et celui de l'*UK Atomic Energy Authority* ont toujours eu de franches discussions. Cette collaboration a eu une valeur inestimable pour le Canada et je suis certain que le Royaume-Uni l'a également appréciée. Nous avons profité de renseignements secrets concernant le programme du Royaume-Uni et les résultats scientifiques obtenus. Je dois mentionner en particulier la conférence annuelle Canada-Royaume-Uni sur le programme technique qui se tient tour à tour au Royaume-Uni et au Canada.

75. En Inde, comme vous le savez, le CIR (Canada-India Reactor) a été construit à Trombay, près de Bombay, sous l'égide du Plan de Colombo. Ce réacteur est construit d'après le modèle du réacteur NRX de Chalk River, modifié et adopté aux conditions locales d'approvisionnement en eau de refroidissement et amélioré grâce à l'expérience acquise au NRX. L'AECL a accepté la responsabilité de cette entreprise, en a confié le contrat à la *Foundation Company of Canada* et a désigné la *Shawinigan Engineering Company* comme ingénieurs. On prévoit que le réacteur commencera à fonctionner dans deux semaines sous la direction et la responsabilité des techniciens de l'AECL. Le personnel de l'AECL continuera à diriger ce réacteur tant qu'il n'aura pas atteint sa pleine capacité de production ou tant que toutes les parties intéressées ne seront pas prêtes à en remettre la direction au personnel indien. Environ quarante scientifiques, ingénieurs et techniciens indiens ont été formés à Chalk River en vertu du programme Canado-indien. M. Homi Bhabha, chef du département indien de l'énergie atomique a maintes fois parlé avec fierté de cette entreprise commune dont il dit qu'elle est l'entreprise internationale la plus importante concernant l'utilisation pacifique de l'énergie atomique.

76. Le CIR fournira aux chercheurs et aux ingénieurs de l'Inde et d'autres pays, y compris ceux du Plan de Colombo dans le Sud-Est asiatique, une occasion unique d'acquérir de l'expérience technique dans le domaine de l'énergie atomique.

77. De plus, le Canada n'a qu'à se féliciter de son étroite collaboration avec les États-Unis depuis la guerre. La loi américaine de 1946 sur l'énergie atomique restreignait la collaboration, mais on a quand même trouvé une méthode de travail satisfaisante. La modification apportée à la loi américaine en 1954 a permis une collaboration accrue et un accord bilatéral sur les utilisations civiles de l'énergie atomique a été signé entre le Canada et les États-Unis en 1956.

78. Grâce à nos étroites relations avec les États-Unis, nous avons obtenu tous les détails du programme d'énergie nucléaire de ce pays et nous avons pu en étudier les aspects techniques ainsi que le coût. Dernièrement, l'USAEC s'étant intéressée davantage aux réacteurs utilisant l'uranium naturel et l'eau

lourde, une entente a été signée entre l'AECL et l'USAEC concernant la création de génératrices nucléaires utilisant l'eau lourde comme ralentisseur. Pour montrer l'intérêt qu'elle porte à la question, j'ajoute que l'USAEC s'engage à consacrer une somme additionnelle de cinq millions à la recherche et à la mise au point. Ce programme de travail portera précisément sur les génératrices nucléaires à eau lourde qui seront construites au Canada.

79. Depuis cinq ans, la collaboration s'est accrue entre l'AECL et les organisations de recherches en énergie atomique d'autres pays. Soulignons en particulier la collaboration avec l'Allemagne de l'Ouest, l'Australie, la France, l'Inde, le Japon, la Suède et la Suisse.

80. L'Agence internationale de l'énergie atomique, établie en 1956, a son service central à Vienne. Elle a pour objectifs d'accélérer et d'élargir la contribution de l'énergie atomique à la paix, la santé et la prospérité dans le monde entier et de s'assurer, autant que possible que son aide ne sera pas utilisée à des fins militaires. L'AECL fournit les renseignements techniques que le secrétariat de l'Agence lui demande et elle a délégué deux de ses fonctionnaires supérieurs comme directeur de divisions de l'Agence. Des spécialistes de l'AECL ont aussi participé à de nombreuses discussions et conférences organisées par l'Agence.

81. Le secrétariat général des Nations Unies possède une commission consultative composée de sept savants de réputation internationale. L'AECL a l'honneur de compter M. W. B. Lewis, vice-président, secteur de la recherche et de l'expansion, comme représentant du Canada au sein de cette commission. Je me dois de mentionner que c'est à ce comité que nous devons la tenue de la première conférence de Genève en 1955 comme, d'ailleurs, de la deuxième conférence tenue également à Genève en 1958. Environ 7,000 personnes ont assisté à cette deuxième conférence qui a tenu 77 séances où 714 communications ont été faites. Quarante-sept communications du Canada et deux communications du Canada et de l'Inde ont été acceptées et sur ce nombre, 24 ont été présentées oralement. L'AECL a présenté 15 de ces communications orales. Le compte rendu de la conférence est maintenant publié; il remplit 33 volumes.

82. Six pays de l'Europe occidentale, l'Italie, la France, l'Allemagne de l'Ouest, la Belgique, la Hollande et le Luxembourg, se sont unis dans une organisation connue sous le nom d'Euratom afin de réaliser un programme commun de recherche et de réalisation en matière d'énergie atomique. Le programme de l'Euratom est distinct des programmes de chaque pays membre. En octobre dernier, un accord bilatéral a été signé entre le Canada et l'Euratom et un accord technique est aussi intervenu entre l'AECL et l'Euratom concernant un programme commun de recherche et de mise au point des réacteurs à eau lourde. En vertu de cet accord, l'AECL et l'Euratom dépenseront 5 millions de dollars chacun d'ici cinq ans. La contribution de l'AECL fait partie de son programme actuel et sera dépensée au Canada. De même les dépenses de l'Euratom se feront en Europe. Un conseil technique a été constitué, qui dressera des plans détaillés de collaboration et examinera le travail entrepris.

83. En 1959, environ 1,700 membres du personnel technique ont visité Chalk River. Au mois de mai 1960, nous avions 78 personnes postées temporairement à Chalk River, dont 19 du Canada, 10 du Royaume-Uni, 14 des États-Unis et 35 d'autres pays. De plus, 25 personnes sont attachées à la division des centrales nucléaires à Toronto, soit 21 du Canada et 4 d'autres pays. Nous comprenons bien le désir de nombreux spécialistes d'autres pays de travailler à l'AECL et nous sommes heureux d'en accepter autant que les cadres le permettent, mais nous avons presque atteint le point de saturation, c'est pourquoi nous avons dû en limiter le nombre à peu près à son niveau actuel.

84. Nous échangeons un grand nombre de rapports techniques avec les États-Unis et le Royaume-Uni et nous avons établi des échanges de textes techniques avec trente autres pays, principalement la France, l'Allemagne, la Suède et l'Italie. Ces échanges se font ou bien avec des agences de l'État ou bien avec les principaux laboratoires d'énergie atomique. Plusieurs pays du rideau de fer participent à ces échanges.

85. L'école de génie nucléaire établie à Chalk River a fourni un nouveau moyen d'enseigner la technique des réacteurs à des étudiants étrangers ainsi qu'à des Canadiens.

*Protection contre la radiation, sécurité des réacteurs, et élimination des déchets*

86. Tout le monde sait que la radioactivité peut être dangereuse. Elle l'est d'autant plus qu'aucun des cinq sens de l'homme ne peut en percevoir la présence. Heureusement, nous avons des appareils de détection extrêmement sensibles qui relèvent les moindres traces de radioactivité et en mesurent l'intensité. Ainsi, la radioactivité peut être mesurée bien avant d'atteindre des niveaux dangereux.

87. Il existe quatre sortes d'émanations radioactives: les rayons alpha, les rayons bêta, les rayons gamma et les neutrons. Une substance radioactive peut émettre une ou plusieurs sortes de radiations en même temps. Ces émanations diverses ont des propriétés différentes. Par exemple, les rayons alpha peuvent être arrêtés par une mince feuille de papier, tandis que les rayons alpha et les neutrons traversent plusieurs pouces de plomb. Donc, si la source de radiation est à l'extérieur de son corps, une personne peut se protéger contre les rayons alpha en portant des vêtements et des gants appropriés, tandis que des mesures de sécurité plus grandes, comme un écran de plomb ou de béton s'imposent si l'on veut se protéger contre les rayons gamma. D'autre part, le problème est tout à fait différent quand la matière radioactive pénètre à l'intérieur du corps humain, soit qu'on l'inspire dans ses poumons, soit qu'on l'avale ou qu'elle s'infilte par les pores de la peau. Une fois qu'une matière radioactive est à l'intérieur du corps, les cellules qui l'entourent sont constamment soumises à l'irradiation tant que l'objet en question n'a pas été retiré. Une des premières précautions à prendre quand on manipule des éléments radioactifs, c'est de s'assurer de ne pas en ingérer. Par exemple, il est défendu de fumer ou de manger dans les endroits qui peuvent être contaminés. Si des poussières radioactives sont présentes dans l'air, les masques à gaz sont de rigueur. Ceux qui manipulent de grandes quantités de matières radioactives sont tenus de porter des vêtements spéciaux puis d'enlever ces vêtements et de se laver à fond avant de quitter le lieu de travail.

88. Il existe plusieurs centaines de matières radioactives et chacune a des propriétés différentes. Certaines se désintègrent en quelques secondes, tandis que d'autres demeurent radioactives durant des milliers d'années. Certaines ont des radiations plus intenses que d'autres. Certaines substances radioactives sont médiocrement absorbées par le corps qui les rejette aussitôt. Les substances les plus dangereuses sont celles qui ont tendance à se concentrer dans des parties vitales du corps. Le strontium 90, par exemple, est particulièrement dangereux parce qu'il cherche à se loger dans les os et cause des dégâts aux cellules de l'os et aux cellules hématopoïétiques de la moëlle.

89. Il faut donc tenir compte de trois effets biologiques distincts de la radioactivité:

- a) Les effets d'une source externe de radiation sur la personne.
- b) Les effets d'une source externe de radiation sur les tissus reproducteurs de la personne, qui peuvent engendrer des perturbations génétiques dans les générations futures.
- c) Les effets d'une source interne de radiation qui a été ingérée dans le corps d'une personne.

90. Ces dangers sont connus et étudiés depuis de nombreuses années, soit depuis qu'on a découvert au début du siècle les dangers auxquels on s'expose en manipulant le radium. En 1928, une commission internationale de protection contre l'irradiation a été instituée. Elle avait pour mission d'examiner le problème et de recommander des normes de sécurité concernant la radiation. Le Canada, de concert avec la plupart des autres pays, fonde ses règlements et ses pratiques de sécurité contre l'irradiation sur les recommandations de cette commission internationale. Des normes de tolérance ont été établies pour toutes les substances radioactives et des limites fixées concernant la dose admissible de radiation. Pour un travailleur professionnel de l'énergie atomique, la limite de radiation est de 5 röntgens par année en moyenne répartis sur toute sa vie de travail. A l'ACEL, nous ne permettons pas qu'un travailleur absorbe plus de 5 röntgens au cours d'une année. Pour l'ensemble de la population, la limite est de 5 röntgens par personne et par 30 années, répartis sur le chiffre global de la population.

91. Jusqu'à quel point ces normes de la commission internationale sont-elles sûres? Les tests cliniques ne permettent de constater aucun changement chez les personnes exposées à pas moins de 25 röntgens dans une seule dose. Il est par conséquent raisonnablement certain que seulement 5 röntgens répartis sur une année entière sont un faible risque comparativement aux dangers de l'industrie ordinaire. Il peut n'y avoir absolument aucun risque pour la personne qui absorbe 5 röntgens par année, mais tant que des études médicales complémentaires et assez poussées n'auront pas été faites pour une longue période, il est impossible d'établir la distinction entre un très faible risque et l'absence totale de risque.

92. Les recommandations tendant à limiter à 5 röntgens par personne et par génération (30 ans) les radiations absorbées par les populations futures se fondent sur des considérations d'ordre génétique. Autant que nous sachions, les changements héréditaires se produisent en raison directe de la dose totale absorbée par la population. On peut donc conclure que même de petites doses auront certains effets génétiques. Il est évident, par conséquent, que cette recommandation s'appuie sur un compromis entre les effets nuisibles et les avantages prévus. La Commission internationale a déclaré: «De plus, il faut comprendre que les facteurs qui influent sur l'équilibre des risques et des avantages varient d'un pays à l'autre et que c'est à chaque pays qu'il appartient de prendre la décision finale».

93. Examinons donc les quantités de radiations auxquelles la population est exposée par suite du travail de l'AECL. La dose d'exposition maximum que l'AECL tolère pour ses employés est de 5 röntgens par année, mais cela ne veut pas dire que chaque employé absorbe cette dose annuelle. En 1959, par exemple, la moitié des 2,400 employés de Chalk River n'ont reçu aucune radiation et la dose moyenne de chaque personne a été de 0.7 röntgens. Pour l'ensemble de la population du pays, cela donne une moyenne d'environ 0.1

milliroentgen (un milliroentgen équivaut à un millième de roentgen) par personne et par année. Comparons cette moyenne avec certains autres niveaux de radiations absorbées par l'ensemble de la population:

| <i>Sources</i>                                     | <i>Milliroentgens<br/>par année</i> |
|--|-------------------------------------|
| Antécédents naturels .....                         | 100                                 |
| Radiographies médicales .....                      | 100                                 |
| Cadrams de montres lumineuses .....                | 1                                   |
| Retombée actuelle .....                            | 2                                   |
| Travail de l'AECL au Canada .....                  | 0.1                                 |
| Maximum prévu pour la population par la CIPR ..... | 167                                 |

(Antécédents et radiographies non compris)

Ce tableau démontre à l'évidence que l'industrie de l'énergie atomique n'expose la population du Canada qu'à un danger négligeable d'irradiation directe.

94. L'autre façon dont une installation atomique peut contribuer à exposer la population à la radiation, c'est par la dispersion des déchets radioactifs dans les eaux publiques et dans l'air. Les règles et les méthodes concernant l'élimination des déchets solides et liquides produits par l'AECL sont exposées dans le rapport de la Division de la biologie et de la radiophysique médicale et sanitaire annexe n° 5. On ne jette aucun déchet radioactif solide dans l'Outaouais et on ne déverse aucun liquide dont les concentrations en radioéléments sont supérieures au maximum tolérable dans l'eau potable et recommandé par la Commission internationale pour les travailleurs professionnels. Les plus récentes analyses de l'eau de l'Outaouais démontrent qu'en amont de l'installation de Chalk River (à Deep River), la concentration de strontium-90 est d'un micro-microcurie par litre à cause de la contamination provenant des retombées et qu'en aval de l'installation (à Pembroke), on ne peut déceler de concentration plus forte. Autrement dit, la quantité de strontium-90 ajoutée aux eaux publiques à cause de nos travaux de Chalk River est si faible qu'on ne peut la détecter.

95. Les réacteurs de Chalk River, comme d'autres réacteurs laissent parfois échapper par la cheminée des gaz radioactifs de courte période. La concentration de ces gaz n'a jamais été assez importante pour constituer un danger pour la santé. De plus, de fréquentes études intenses en vue de relever des contaminations radioactives de longue période sur le sol tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la zone occupée par l'usine n'ont jamais permis de relever autre chose que des retombées provenant d'engins de guerre.

96. Vous avez sans doute remarqué que j'ai parlé des «retombées» à trois reprises. Quand nous cherchons à mesurer la contamination du milieu résultant de nos travaux, nous mesurons inévitablement la radioactivité produite par la mise à l'essai des engins de guerre. Je veux bien préciser cependant qu'au Canada l'évaluation des retombées est un service de santé publique et que c'est le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social qui en est chargé. Même si ce n'est pas notre devoir, nous donnons souvent, à ce sujet, des conseils et de l'aide technique à d'autres ministères de l'État. En outre, plusieurs de nos employés font partie de comités institués pour étudier les problèmes des retombées et de la protection contre la radiation.

97. Le premier souci de celui qui établit le plan d'un réacteur est l'efficacité mais il est tout aussi important de s'assurer que le fonctionnement sera sans danger. On se donne beaucoup de mal pour prévoir dans le détail tous les accidents imaginables qui pourraient résulter du mauvais fonctionnement de tout organe, de toute avarie ou d'une mauvaise manœuvre des techniciens, pour

assurer la sécurité de la population et, autant que possible, la sécurité de la zone travail elle-même.

98. A l'heure actuelle, la Commission de contrôle de l'énergie atomique répond de tout ce qui a trait à la sécurité des réacteurs atomiques établis au Canada à l'exception des réacteurs construits sur des terrains de l'État fédéral. La Commission a constitué un Comité consultatif sur la sécurité des réacteurs pour lui aider à s'acquitter de cette fonction. Parmi les membres, on relève les noms de spécialistes en matière de réacteurs, de santé et de sécurité du ministère fédéral et des ministres provinciaux de la Santé et de l'AECL ainsi que des ingénieurs relevant d'organismes privés.

99. Celui qui se propose de construire un réacteur sur un terrain n'appartenant pas au gouvernement fédéral doit obtenir une autorisation précise de la Commission de contrôle qui délivre une licence ou un permis avant le début des travaux de construction puis de nouveau avant que le réacteur commence à fonctionner. Avant de recommander la délivrance d'un permis de construction, le comité consultatif sur la sécurité des réacteurs examine avec soin non seulement les plans de l'installation même mais aussi en fonction de l'endroit où le réacteur doit être construit. De même, le permis d'exploitation n'est accordé que lorsque le comité s'est assuré que le réacteur a été construit en conformité du plan approuvé du point de vue de la sécurité et que des techniciens compétents seront en fonction. Ensuite, quand le réacteur est en exploitation, des représentants du Comité de sécurité y font des inspections pour s'assurer que les méthodes effectivement en vigueur sont conformes aux normes approuvées.

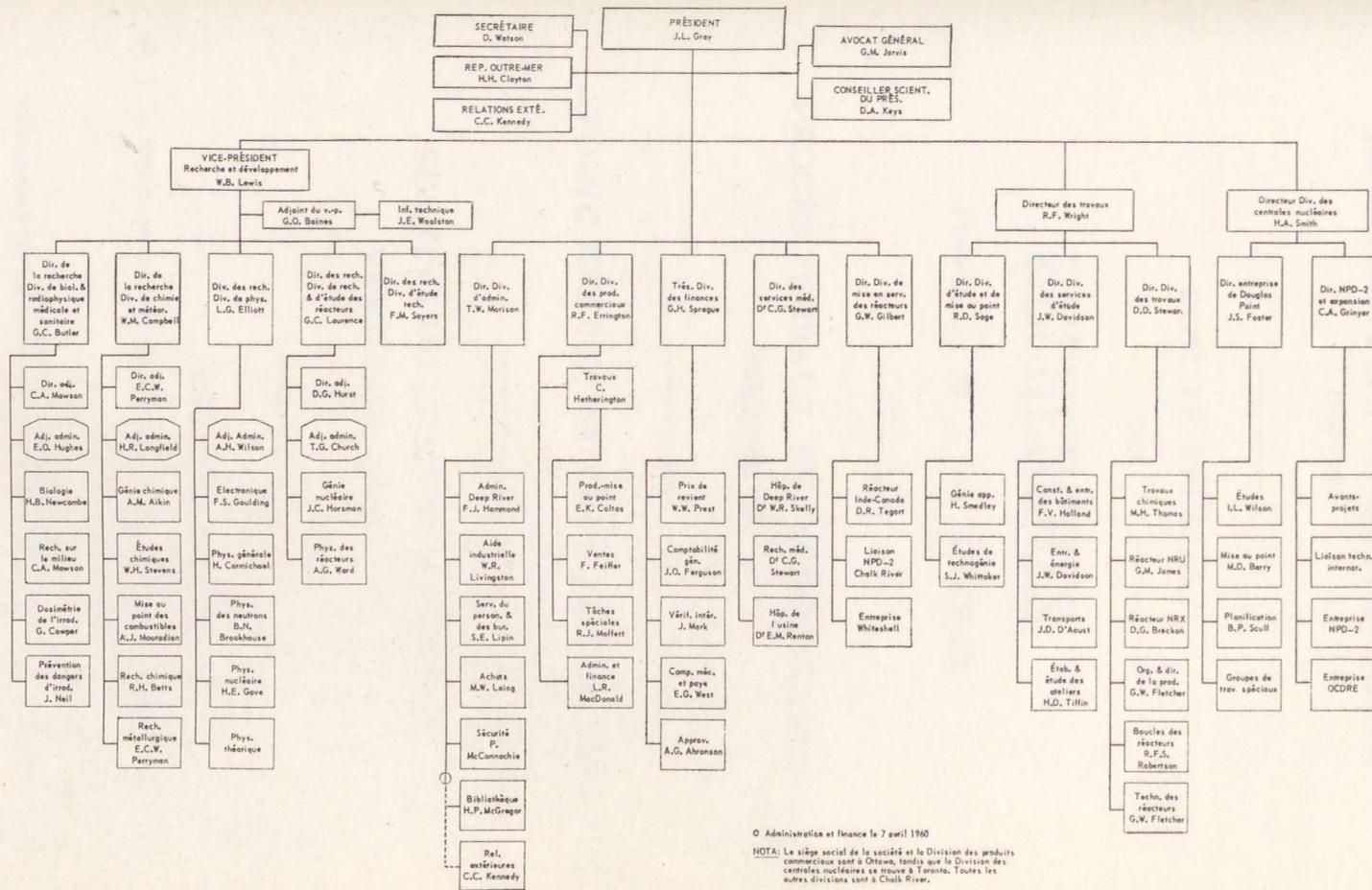
100. Les plans de la centrale NPD de Rolphton ont été examinés par le Comité consultatif sur la sécurité des réacteurs et un permis de construction a été délivré. Je puis vous assurer que cet examen n'a pas été une affaire de routine. Tout d'abord, un rapport d'environ quatre pouces d'épaisseur sur les risques possibles a dû être préparé et soumis au Comité en juillet 1958. Ce rapport contenait une analyse détaillée de tous les accidents imaginables qui pourraient se produire et que l'on avait envisagés. Depuis, on a tenu de nombreuses réunions officielles ou officieuses et on a examiné en détail des centaines et des centaines de pages de rapports techniques, d'analyses des plans et d'évaluation des mesures de sécurité.

101. Les réacteurs de Chalk River ne tombent pas sous la compétence du Comité consultatif sur la sécurité des réacteurs, mais l'AECL a institué un comité permanent qu'elle a chargé de faire de semblables études exhaustives de la sécurité de nos réacteurs. L'AECL doit se soumettre aux règles établies par la Commission de contrôle de l'énergie atomique et l'une de ces règles prescrit que quiconque utilise des matières radioactives doit «prendre toutes les précautions raisonnables pour protéger les personnes et la propriété contre les blessures et les dommages». La Commission a toujours considéré que l'AECL avait la responsabilité d'assurer la sécurité de son exploitation et qu'elle était tout à fait en mesure de s'acquitter de cette responsabilité.

102. L'élimination des déchets radioactifs constitue l'un des problèmes particuliers de toute activité relative à la radioactivité. En pratique, il n'existe aucun moyen de détruire la radioactivité. Il y a seulement deux façons de procéder. Si la radioactivité est très faible, les déchets peuvent être dilués et dispersés, mais si la radioactivité est forte, on peut concentrer les déchets et les enrober. Je tiens à souligner cependant que l'utilisation de l'uranium naturel dans nos centrales nucléaires à eau lourde a de grands avantages sur l'utilisation de l'uranium enrichi et sur les autres systèmes brûlant de l'uranium naturel, pour ce qui est de l'élimination des déchets. Après avoir été utilisé comme combustible dans un réacteur industriel canadien, l'uranium naturel est brûlé

à tel point qu'on peut le retirer et l'emmagasiner dans l'eau comme déchet ou comme sous-produit. Le combustible usé d'une telle installation peut être accumulé durant de nombreuses années et entreposé sans danger dans un espace relativement restreint. Cette manière de faire n'est pas possible quand des éléments de combustible enrichi sont retirés d'un réacteur, et pour deux raisons. La première, c'est que la teneur en matière fissile étant élevée on risquerait de déclencher des réactions en chaîne si on les comprimait et qu'on les émergeait. La seconde, c'est qu'ils contiennent encore de grandes quantités d'uranium enrichi et que, par conséquent, ils ont encore trop de valeur pour qu'on les considère comme des déchets. Il en va de même pour les réacteurs du Royaume-Uni ralentis au graphite et brûlant de l'uranium naturel. La combustion n'est pas assez poussée pour que le combustible usé puisse être considéré comme déchet. On doit le transporter à une usine de transformation chimique, le dissoudre et, par des procédés chimiques, en séparer l'uranium non brûlé qui servira de nouveau. De cette façon, tous les produits fissiles fortement radioactifs contenus dans le combustible finissent par être dispersés dans de grandes quantités de solutions. Les énormes quantités de liquide fortement radioactif posent un délicat problème d'élimination.

103. L'AECL, dans son travail en vue de donner de l'électricité nucléaire à prix économique au Canada prend toutes les précautions possibles pour assurer en même temps la sécurité des employés de cette industrie et celle du public canadien. En prenant de bonnes mesures de sécurité et en examinant d'avance la question sous tous ses angles, nous avons toute raison d'espérer que nous pourrons jouir des avantages de l'électricité d'origine nucléaire tout en courant beaucoup moins de risques qu'en ont courus dans le passé des entreprises de même envergure. Ordinairement, les habitudes de sécurité dans les autres industries ont été adoptées à la suite d'accidents. Pour éviter de nouveaux accidents, les industries ont adopté elles-mêmes des mesures de sécurité ou y ont été forcées par le gouvernement. Dans le domaine de l'énergie atomique, les responsables tant au Canada que dans les autres pays, ont établi dès le début des normes rigides afin d'éviter les accidents. Nous croyons que c'est la seule ligne de conduite prudente à adopter. Quand nous aurons une meilleure connaissance de la question et plus d'expérience, nous pourrons peut-être relâcher les normes en vigueur, mais nous n'en ferons rien tant que nous ne serons pas absolument certains de ce que nous faisons. En quinze ans d'activité, la société n'a eu à regretter aucun accident mortel ni aucun accident entraînant une perte de travail à cause de blessures imputables à la radiation.



Administration et finance le 7 avril 1960

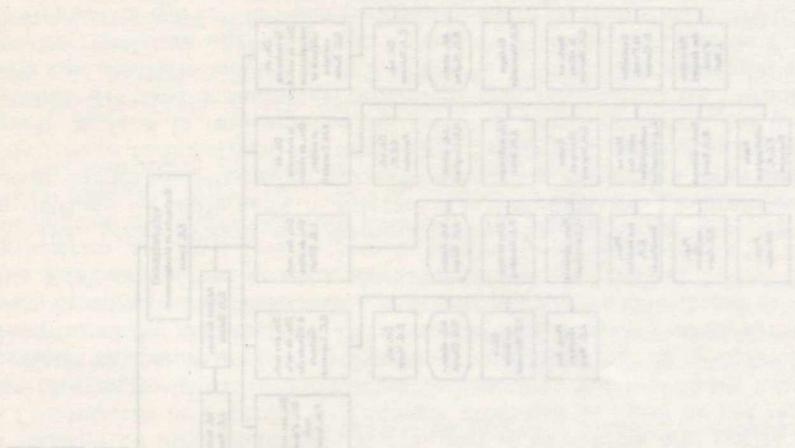
NOTA: Le siège social de la société et la Division des produits commerciaux sont à Ottawa, tandis que la Division des centrales nucléaires se trouve à Toronto. Toutes les autres divisions sont à Chalk River.

RECHERCHES

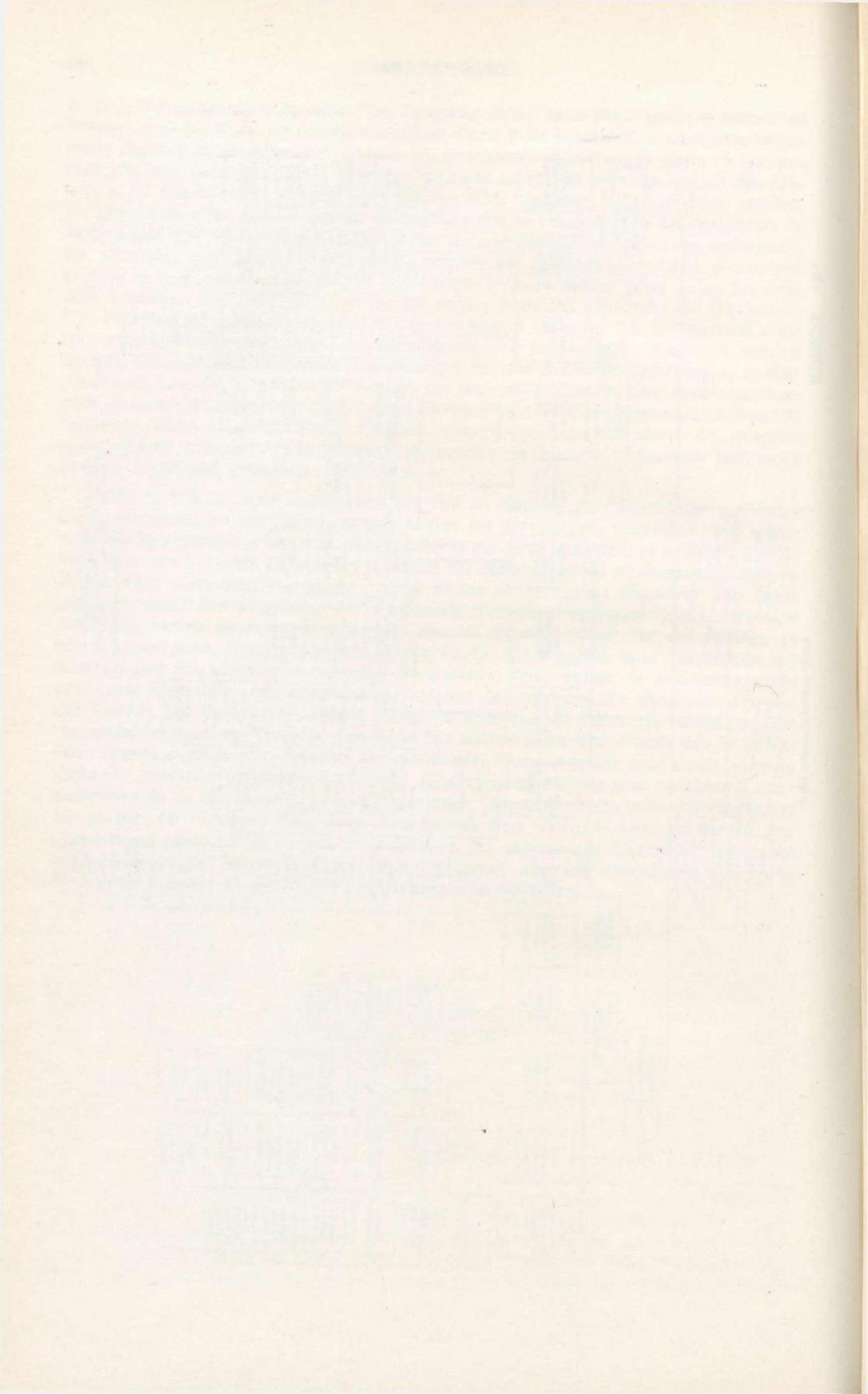
à tel point qu'on peut le rejeter et l'annuler dans l'an comme d'habitude on  
comme sous-produit. Le combustible usé d'une telle installation peut être occu-  
rante d'origine de combustible usées et entreposé dans un espace  
relativement restreint. Ces matières de nature inflammable peuvent donner lieu à  
dangereux accidents, surtout si on les laisse dans un local où on ne s'attendait  
pas à ce qu'il y ait des matières inflammables. On ne s'attendait pas à ce qu'il y  
ait des matières inflammables et on ne s'attendait pas à ce qu'il y ait des  
matières inflammables. On ne s'attendait pas à ce qu'il y ait des matières  
inflammables et on ne s'attendait pas à ce qu'il y ait des matières inflammables.

ANNEXE - 5.

LETTRE ENFANT DE LA CANADIENNE







CHAMBRE DES COMMUNES

Quatrième session de la vingt-quatrième législature  
1960-1961

COMITÉ SPÉCIAL  
DES

RECHERCHES

Président: M. J. W. MURPHY

PROCÈS-VERBAUX ET TÉMOIGNAGES

Fascicule 18

ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED

SÉANCES DU JEUDI 4 MAI ET DU  
VENDREDI 5 MAI 1961

TÉMOIN:

M. J. L. Gray, président de l'*Atomic Energy of Canada Limited*

ROGER DUHAMEL, M.S.R.C.  
IMPRIMEUR DE LA REINE ET CONTRÔLEUR DE LA PAPETERIE  
OTTAWA, 1961

Quatrième session de la vingt-quatrième législature  
1960-1961

COMITÉ SPÉCIAL  
DES

COMITÉ SPÉCIAL DES RECHERCHES

Président: M. J. W. Murphy

Vice-président: M. C. A. Best

et MM.

|             |           |           |
|-------------|-----------|-----------|
| Aiken       | Drysdale  | Nielsen   |
| Batten      | Dumas     | Nugent    |
| Bissonnette | Forgie    | Pitman    |
| Bourget     | Godin     | *Robinson |
| Brunsdén    | Martel    | Slogan    |
| Coates      | McIlraith | Stewart   |

Secrétaire du Comité:

J. E. O'Connor

\*Remplacé le mardi 2 mai 1961 par M. Danforth

SEANCES DU JEUDI 4 MAI ET DU  
VENDREDI 5 MAI 1961

TRIMON:

M. J. L. Gray, président de l'Atomic Energy of Canada Limited

ORDRE DE RENVOI

MARDI 2 mai 1961.

Il est ordonné: Que le nom de M. Danforth soit substitué à celui de M. Robinson sur la liste des membres du Comité spécial des recherches.

Certifié conforme.

Le greffier de la Chambre,  
LÉON-J. RAYMOND.

Présents: M. J. L. Dray, président, et D. Watson, secrétaire.

Le président donne des détails sur la visite que le Comité doit faire à Chalk River plus tard dans la journée, et distribue aux membres des notes claires de référence.

Après avoir étudié les prochains travaux du Comité, le président propose à M. Gray, qu'on interroge au sujet des réacteurs modérés et refroidis à l'eau lourde comparés à d'autres genres d'appareils.

Le témoin dépose un graphique intitulé «Cycles de construction des réacteurs nucléaires-1961» afin que celui-ci soit ajouté en appendice au compte rendu de la séance d'aujourd'hui. (Voir appendice A.)

Des exemplaires du rapport annuel de l'A.E.C.L. pour l'année 1960-61, ainsi qu'une brochure intitulée «Aperçu sur l'activité de l'Atomic Energy of Canada Limited» sont distribués aux membres.

À 10 h. 55 le Comité s'ajourne pour se réunir de nouveau à 11 heures de l'après-midi afin de visiter les installations de l'Atomic Energy of Canada Limited à Chalk River (Ontario).

Le secrétaire de la Chambre,  
J. E. O'Hara

Le Comité spécial des recherches se rend à 11 heures de l'après-midi en autocar à Deep River (Ontario).

Présents: MM. Aiken, Best, Bissonnette, Caron, Danforth, DeWitt, Fergus, Murphy et Nugent-3.

Après présents: MM. Anderson, Dedering, Egan, Gray, Hume, MacFarlane, McQuillan, Stearns, Stephenson et Taylor.

Le Comité est réuni à l'hôtel «The Inn» de Deep River à 11 heures. Les employés supérieurs et le personnel de l'usine d'uranium sont présents. Après le dîner MM. J. L. Dray, président de l'Atomic Energy of Canada Limited et E. A. Smith, directeur adjoint de la Commission de l'énergie atomique prennent la parole.

On présente un film intitulé «The Search for Uranium» en 16 mm.

ORDRE DE RENVOI

Mars 2 mai 1961

Il est ordonné que le nom de M. Dantoch soit substitué à celui de M. Robinson sur la liste des membres du Comité spécial des recherches.

Certifié conforme.

Le greffier de la Chambre,  
LEON J. RAYMOND.

COMITÉ SPÉCIAL DES RECHERCHES

Président: M. J. W. Murphy

Vice-président: M. C. A. Best

et MM.

Aiken

Drysdale

Nielson

Batter

Dunn

Nugent

Blaisencote

Foye

Pyman

Bourge

Godin

\*Robinson

Brundage

Martel

Sloan

Coates

McIlraith

Stewart

Secrétaire du Comité:

J. E. O'Connor

\*Remplacé le mardi 2 mai 1961 par M. Dantoch

## PROCÈS-VERBAUX

JEUDI 4 mai 1961.

Le Comité spécial des recherches se réunit à 10 h. 5 du matin sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents:* MM. Aiken, Best, Bissonnette, Brunsdén, Danforth, Drysdale, Murphy et Nugent—8.

*Aussi présents:* De l'*Atomic Energy of Canada Limited*: MM. J. L. Gray, président, et D. Watson, secrétaire.

Le président donne des détails sur la visite que le Comité doit faire à Chalk River plus tard dans la journée, et distribue aux membres des exemplaires de l'itinéraire.

Après avoir étudié les prochains travaux du Comité, le président présente M. Gray, qu'on interroge au sujet des réacteurs modérés et refroidis à l'eau lourde comparés à d'autres genres d'appareils.

Le témoin dépose un graphique intitulé «Cycles de combustibles des réacteurs nucléaires—1961» afin que celui-ci soit ajouté en appendice au compte rendu de la séance d'aujourd'hui. (*Voir appendice A.*)

Des exemplaires du rapport annuel de l'A.E.C.L. pour l'année 1959-1960, ainsi qu'une brochure intitulée «Aperçu sur l'activité d'*Atomic Energy of Canada Limited*» sont distribués aux membres.

A 10 h. 55 le Comité s'ajourne pour se réunir de nouveau à 4 heures de l'après-midi afin de visiter les installations de l'*Atomic Energy of Canada Limited* à Chalk River (Ontario).

*Le secrétaire du Comité,*  
J. E. O'Connor.

---

JEUDI 4 mai 1961  
(21)

Le Comité spécial des recherches se réunit à 4 heures de l'après-midi et se rend en automobile à Deep River (Ontario).

*Présents:* MM. Aiken, Best, Bissonnette, Coates, Danforth, Drysdale, Forgie, Murphy et Nugent—9.

*Aussi présents:* MM. Anderson, Cadieu, Johnson, Kindt, Korchinski, McFarlane, McQuillan, Stearns, Stefanson et Valade.

Le Comité est accueilli à l'hôtel «Old Staff» de l'A.E.C.L. à Deep River par les employés supérieurs et le personnel d'*Atomic Energy of Canada Limited*. Après le dîner MM. J. L. Gray, président de *Atomic Energy of Canada Limited* et H. A. Smith, directeur adjoint de la Commission hydro-électrique d'Ontario prennent la parole.

On présente un film intitulé «L'Énergie atomique au Canada».

A 8 h. 45 du matin, vendredi 5 mai, le Comité visite l'usine de démonstration d'énergie nucléaire située à Rolphton (Ontario).

Le Comité arrive à Chalk River vers 11 heures et demie et après une réunion préparatoire au cours de laquelle on lui fournit des explications sur les réacteurs NRX et NRU, examine les deux appareils.

Au cours de l'après-midi, le Comité visite divers laboratoires et bâtiments et on l'entretient du travail de la Division de chimie et de métallurgie, des travaux de recherches de la Division de physique, du travail de la Division de biologie et d'hygiène nucléaire, du fonctionnement des instruments de repérage de radiation, de la destruction des déchets, des mesures de précaution prises relativement aux réacteurs et du travail de la Division des recherches et de mise au point des réacteurs. Le Comité visite le laboratoire de la céramique, le séparateur des masses et autres installations.

Le président remercie M. Gray et tous les employés supérieurs ayant assisté le Comité pendant sa visite, et leur fait savoir que les membres seront très heureux de visiter la Division des produits commerciaux et l'atelier de la Société dans l'après-midi du mardi 9 mai.

Vers 7 heures du soir, le Comité retourne en automobile à Ottawa.

*Le secrétaire du Comité,*

J. E. O'CONNOR.

Jeudi 4 mai 1961  
(21)

Le Comité spécial des recherches se réunit à 4 heures de l'après-midi et se rend en automobile à Deep River (Ontario).

Présents: MM. Aiken, Best, Blazonskette, Coster, Dantforth, Drysdale, Forgie, Murphy et Nugent—8.

Aussi présents: MM. Anderson, Cadieu, Johnson, Kindt, Korczynski, McFarlane, McQuillan, Stearns, Stetson et Valade.

Le Comité est accueilli à l'hôtel «Old Staff» de l'A.E.C.L. à Deep River par les employés supérieurs et le personnel d'Atomic Energy of Canada Limited. Après le dîner MM. J. I. Gray, président de Atomic Energy of Canada Limited et H. A. Smith, directeur adjoint de la Commission hydro-électrique d'Ontario prennent la parole.

On présente un film intitulé «L'énergie atomique au Canada».

## TÉMOIGNAGES

JEUDI 4 mai 1961

9 heures et demie du matin

Le PRÉSIDENT: Nous avons un quorum de huit députés conservateurs, messieurs. Comme je le disais à l'instant à l'intention des membres qui sont présents, il va falloir, pendant la journée ou du moins avant la fin de cette réunion, que nous demandions aux membres qui ne sont pas ici en ce moment s'ils désirent toujours faire partie du Comité. Nous n'allons pas nous tourner les pouces pendant une demi-heure en attendant l'arrivée de certains membres. Notre temps est très précieux, et non seulement le nôtre, mais celui de toutes les personnes devant témoigner.

Nous avons à peu près réglé la question de la visite à Chalk River. Vous avez peut-être des collègues qui voudraient s'y rendre et par conséquent nous allons voir aujourd'hui si nous pouvons réunir vingt députés qui seraient intéressés à faire le voyage.

Avant d'entendre M. Gray et avant d'aborder les questions que notre Comité doit étudier ce matin, voulez-vous prendre quelques instants pour me donner vos opinions quant aux témoins qu'il faudrait convoquer et me dire à quel moment vous voulez les entendre?

M. BEST: J'ai adressé une lettre au secrétaire à ce sujet, mais je ne suis pas sûr s'il l'a reçue. J'avais quelques propositions à faire. J'en ai parlé à M. Aiken et d'autres membres ont peut-être des idées à soumettre également. Je pense que certains auront des idées à soumettre à mesure que nous entendrons les témoignages.

Le PRÉSIDENT: Est-ce que jeudi prochain vous conviendrait?

M. BEST: Nous ferions peut-être bien de consulter M. Gray à ce sujet. Croyez-vous que nous devrions nous occuper de certains services déterminés de l'*Atomic Energy of Canada Limited*, de la Division des produits commerciaux, par exemple? Il est question que nous visitions ce service. Pensez-vous que nous devrions consacrer une réunion à ce domaine? Ensuite il y a d'autres questions que celles se rapportant à Chalk River qui me viennent à l'esprit qu'il faudrait peut-être étudier, par exemple, la radiation, les problèmes qui se posent pour ce qui est de détruire des déchets et autres questions auxquelles le public s'intéresse. Je me demande si nous pourrions entendre les chefs des différentes divisions ou des divers services de la Société avant les témoins de l'extérieur. Je pense que ceci pourrait être utile. Nous pourrions aussi nous occuper d'un domaine particulier, entendre les employés d'*Atomic Energy* et peut-être des personnes de l'extérieur qui s'occupent de ces questions, et ensuite passer à un autre domaine et entendre d'autres employés de la Société et d'autres personnes de l'extérieur. Nous pourrions procéder de différentes façons, monsieur le président. Je ne suis pas sûr quelle serait la meilleure façon de nous y prendre.

M. J. L. GRAY (*président de l'Atomic Energy of Canada Limited*): J'estime qu'autant de membres du Comité que possible devraient se rendre à Chalk River, et pendant votre visite les directeurs des différentes divisions vous donneront des explications au sujet de tous les services les plus importants. Vous aurez ainsi l'occasion de poser toutes les questions que vous voudrez. J'estime que vous devriez également visiter notre Division des produits commerciaux. On a proposé que vous vous y rendiez mardi prochain dans l'après-midi. Là

aussi vous pourrez vous entretenir avec le personnel. Ensuite, il serait peut-être souhaitable de tenir une réunion afin que vous puissiez soulever les questions qui vous seront venues à l'esprit à la suite de ces deux visites. Si vous désirez néanmoins que des membres de notre personnel comparaissent devant votre Comité, nous pourrions certainement arranger cela. Je n'ai pas pensé que vous voudriez que des membres du personnel comparaissent, étant donné que vous allez visiter Chalk River, mais nous nous tiendrons volontiers à votre disposition.

M. BEST: Je pense que nous devrions les faire venir. Je vois que notre programme est assez chargé et, comme nous allons sans doute être très absorbés par tout ce que nous allons voir, je pense que c'est plutôt après la visite que nous aurons des questions à poser, monsieur Gray. C'est, du moins, ce que je pense personnellement. Ne croyez-vous pas, monsieur le président, que nous pourrions tenir une réunion officielle mardi prochain, dans la matinée, et visiter les services dans l'après-midi? Ne croyez-vous pas que certaines personnes du service des produits commerciaux pourraient nous fournir des renseignements dans la matinée avant que nous ne visitions la Division, ou est-ce trop entreprendre?

Le PRÉSIDENT: C'est que mardi prochain il y a une réunion du Comité des comptes publics et je serai absent ce jour-là. Si vous voulez, nous pourrions nous réunir l'après-midi avant de nous rendre à l'usine.

M. GRAY: Dans ce cas, vous ne pourrez passer que très peu de temps à la Division des produits commerciaux.

D'après nos projets, le gérant de la Division vous fera une petite conférence de quinze à vingt minutes ou d'une demi-heure. Cette causerie peut être donnée officiellement ou non, comme vous voudrez, et ensuite vous pourrez visiter le service où nous nous occupons des substances radioactives et l'atelier où nous construisons notre outillage.

Le PRÉSIDENT: C'est ce que nous nous proposons de faire mardi.

M. AIKEN: Il me semble, monsieur le président, qu'en ce qui concerne la Division des produits commerciaux, ce sera suffisant si on nous fournit des renseignements sur les lieux, car ainsi on pourra nous montrer en même temps de quoi il s'agit. Je pense qu'il suffirait qu'on nous renseigne sur les lieux.

Le PRÉSIDENT: Si vous voulez, nous allons nous en tenir là et ainsi tout sera en ordre jusqu'à la réunion de jeudi. Nous pourrions décider mardi ce que nous allons faire jeudi.

M. GRAY: Si vous voulez que je fasse venir certains employés de la Société pour jeudi, je puis le faire. Si vous désirez en même temps faire venir des témoins de l'extérieur...

M. BEST: Non, je ne pense pas, pas encore. Ce sera peut-être assez difficile de trouver des témoins de l'extérieur. A part les employés d'*Atomic Energy*, qui devrions-nous convoquer selon vous, monsieur Gray?

M. GRAY: La *Canadian Nuclear Association* vient d'être formée. J'ignore si cette association désire soumettre un mémoire, mais il me semble que c'est l'organisme le plus indiqué pour comparaître devant votre Comité. Il s'intéresse à tout le côté commercial de cette entreprise.

M. BEST: Quels sont ses dirigeants à l'heure actuelle?

M. GRAY: Il y a M. McRae, le président, et M. Macauley, le vice-président.

M. BEST: M. McRae sera là-bas mardi prochain. Je songeais à la semaine suivante.

M. GRAY: Le directeur général est le capitaine de groupe Gross.

Le PRÉSIDENT: Ce serait peut-être une bonne idée de vous mettre en rapport avec eux pour voir s'ils peuvent présenter un mémoire.

M. GRAY: Il y a également les entreprises de service.

Le PRÉSIDENT: J'ai pensé à la *Canadian General Electric*, à la Commission hydro-électrique d'Ontario et aux maisons qui s'intéressent au bâtiment et à la construction.

M. GRAY: La *B.C. Electric*?

M. AIKEN: Qui pourrait-elle nous envoyer?

Le PRÉSIDENT: Nous allons donc procéder de cette façon-là. Nous pouvons tenir une réunion afin d'étudier la question des témoins et de la procédure.

M. Gray et son adjoint sont là. Voulez-vous poursuivre à partir de l'endroit où nous nous étions arrêtés lors de la dernière réunion?

M. AIKEN: Monsieur le président, je voudrais tout de suite me lancer dans un sujet qui sera peut-être controversé au Comité et j'aimerais que M. Gray mette les choses en train. D'après ce que je comprends, les opinions sont très partagées quant au modèle de réacteur qu'on pourrait utiliser au Canada, qu'on pourrait fabriquer pour l'exportation ou dont on pourrait encourager l'utilisation chez nous. D'après ce que je comprends, nous avons adopté, plus ou moins officiellement, un réacteur modéré et refroidi à l'eau lourde utilisant de l'uranium naturel, et l'*Atomic Energy of Canada* est arrivée à la conclusion que ce serait le modèle qui conviendrait le mieux pour notre pays. J'aimerais que M. Gray nous explique pourquoi on est de cette opinion. Il pourrait peut-être nous dire également quel autre modèle de réacteur on envisage, et quelles sont les faiblesses des autres appareils. Je me demande s'il pourrait nous fournir quelques brèves explications sur ce sujet compliqué.

M. GRAY: Il est assez difficile d'en traiter brièvement. Lorsque je donne une causerie à ce sujet, cela dure, en général, de quarante à cinquante minutes. Je pense, tout d'abord, que si à l'*Atomic Energy of Canada Limited* nous préconisons l'appareil actionnant à l'eau lourde, c'est parce que c'est celui que nous connaissons le mieux. Je crois que nous connaissons les appareils à eau lourde mieux que n'importe quelle autre entreprise du monde. Nous connaissons notre appareil aussi bien que d'autres connaissent les leurs. Par conséquent, j'estime que l'opinion que nous avons de notre propre appareil est très bien fondée. En outre, nos scientifiques sont en contact avec leurs collègues dans d'autres parties du monde qui eux travaillent avec d'autres genres d'appareils employant d'autres modérateurs, et avec d'autres genres de réacteurs, tels les réacteurs rapides et intermédiaires. De cette façon nos physiciens et nos chimistes peuvent se faire une opinion bien fondée sur les autres modèles de réacteur. Il faut bien comprendre que nous ne nous intéressons pas simplement aux réacteurs à eau lourde mais à tous les autres genres de réacteurs également.

Je pense qu'un des principaux avantages du réacteur à eau lourde, avantages que l'on reconnaît maintenant dans toutes les parties du globe, est qu'il exploite ou plutôt qu'il aboutit à une forte combustion d'uranium naturel. C'est un des gros avantages de ce réacteur. J'ai ici un graphique que nous avons préparé dernièrement, qui illustre ce régime de forte combustion. Il mérite d'être vu, si vous voulez bien le faire passer, et il serait peut-être utile de l'ajouter au compte rendu. Si vous permettez, j'aimerais vous dire quelques mots encore au sujet du cycle combustible avant de passer aux autres caractéristiques de ce réacteur.

Le PRÉSIDENT: Il serait peut-être utile que vous expliquiez cette question en détail.

M. BEST: Il ne nous reste que quarante minutes mais, puisque cette question a beaucoup d'importance, je pense que vous devriez nous l'expliquer en détail.

Le PRÉSIDENT: Pouvons-nous ajouter ce graphique en appendice au compte rendu? Je viens de l'examiner et nous devrions l'avoir dans le compte rendu.

M. NUGENT: En ce qui concerne, j'ai besoin d'au moins quarante minutes pour me mettre au courant de cette question.

M. GRAY: Je vais tout d'abord vous parler du cycle de combustion. A gauche du graphique, comme vous voyez, il y a une colonne pour les cycles de combustible d'uranium enrichi. La colonne du centre est celle des cycles de combustibles à faible combustion d'uranium naturel. C'est le même cycle de combustible que celui des réacteurs au graphite utilisés en Grande-Bretagne. La colonne de droite donne le cycle de combustible à forte combustion d'uranium naturel. Chaque cycle débute avec neuf concentrés d' $U_8O_3$ . Selon le procédé enrichi, comme pour tous les autres d'ailleurs, les concentrés passent à la raffinerie. Selon le procédé enrichi, ils passent ensuite à l'usine d'enrichissement de l'uranium.

M. AIKEN: Voulez-vous nous donner des explications à ce sujet s'il vous plaît?

M. GRAY: Il s'agit d'une installation très coûteuse où l'uranium naturel est traité de diverses façons afin de séparer la matière fissile de l'uranium, c'est-à-dire de l'uranium<sup>235</sup>, de la matière non fissile, soit de l'uranium<sup>238</sup>. Il s'agit là du procédé d'enrichissement. On enlève l'uranium<sup>235</sup> et on l'ajoute à l'uranium ordinaire afin d'obtenir de l'uranium enrichi de concentration diverse, mettons, de 2 à 90 p. 100.

M. DRYSDALE: Est-ce que ce procédé demande beaucoup d'électricité?

M. GRAY: Il faut une assez forte quantité d'énergie. Il faut être branché sur une centrale hydro-électrique. Certaines usines américaines sont branchées sur la TVA.

En réponse à votre question, je puis vous dire qu'il faut en effet une assez forte quantité d'énergie.

M. DRYSDALE: Pouvez-vous nous dire à peu près combien coûterait une usine commerciale d'enrichissement d'uranium si on en construisait une au Canada, combien de millions de dollars faudrait-il environ?

M. GRAY: Il faudrait des centaines de millions. Ces installations sont très coûteuses. Vous remarquerez que ce n'est pas le cas des deux autres cycles de combustible. On n'a pas besoin d'une installation d'enrichissement pour les deux autres cycles de combustible. La substance passe ensuite à l'appareil de conversion où l'uranium est transformé en oxyde ou en métal d'uranium. Ceci est commun aux trois cycles de combustible. Cet oxyde ou métal d'uranium passe ensuite à la fabrique de combustible, ceci est également commun aux trois cycles, mais vous remarquerez que dans le cas des régimes d'uranium naturel l'appareil de fabrication de combustibles est moins important que celui du régime d'enrichissement. C'est parce que la substance enrichie est difficile à manipuler. Comme elle est très coûteuse, il faut à la fois éviter les pertes et parer au danger nucléaire. Lorsque la substance est fortement enrichie, on en récolte une quantité suffisante pour obtenir une série de réactions nucléaires.

De là la substance passe au réacteur et, tant pour le régime à faible combustion d'uranium naturel que pour celui de l'uranium enrichi, on ne peut pas se permettre de jeter le combustible. Il faut l'utiliser de quelque façon car il contient trop d'uranium et il ne serait pas économe de le jeter, tandis que sous un régime de forte combustion d'uranium naturel, le processus se termine là, le cycle de combustion s'arrête là. La

substance passe de la mine au réacteur et c'est la fin du processus. Dans les deux autres cycles, elle doit passer par l'usine de traitement chimique, et quoique celles-ci ne soient pas aussi coûteuses que les usines de diffusion, elles vont néanmoins chercher dans les dix millions de dollars. Trois coulées sortent de l'usine de traitement chimique, l'uranium affaibli, qui contient moins d'uranium<sup>235</sup> que l'uranium naturel, ceci ne s'applique pas nécessairement dans le cas du régime enrichi où le contenu en uranium<sup>235</sup> peut être supérieur à celui de l'uranium naturel, mais il est inférieur à ce qu'on introduit dans le réacteur. Ensuite, il y a la coulée des produits de la fission et celle du plutonium. Chaque coulée pose des problèmes assez considérables. L'uranium affaibli peut être entreposé et gardé tout simplement comme produit de réserve ou comme déchet ou, ainsi que je le disais, est remis en circulation dans l'usine de diffusion si on dispose d'une telle installation.

Les produits de la fission sont en général en solution liquide qu'il faut entreposer. Le plutonium qu'on obtient est mis en réserve et on le porte à l'inventaire à un prix établi d'autorité, ou on s'en servira peut-être plus tard dans un réacteur quelconque. Pour le moment, il n'existe aucun brûleur de plutonium qui soit économique. En fin de compte ces deux cycles donnent de l'uranium affaibli, ils offrent des difficultés du point de vue de la manutention des produits de fission, et fournissent un surcroît de plutonium qu'il faut mettre en réserve. Avec le cycle à haute combustion d'uranium naturel, on élimine automatiquement tous les frais et toutes les difficultés autres que celles présentées par le réacteur. Telle est la principale différence entre les régimes à haute et à faible combustion de l'uranium naturel.

Vous remarquerez que le graphique montre une fosse destinée à l'entreposage du combustible ayant déjà servi. Si à l'avenir il devient pratiquement possible de traiter ce combustible chimiquement afin de l'employer dans un brûleur à plutonium, le combustible sera là. Il ne se détériore pas. A vrai dire, il devient plus facile à manier. Quant aux produits de fission, ils se détériorent petit à petit, chez certains la moitié de la période d'activité est longue et chez d'autres elle est courte. La moitié de la période d'activité du plutonium est aux environs de 2,000 ans.

M. BEST: Vous ne le faites pas en ce moment?

M. GRAY: Non, à Chalk River nous avons traité du combustible ayant déjà servi, mais l'usine de transformation est maintenant fermée. Nous ne projetons pas de le faire à la station de Douglas Point. Nous nous proposons de l'entreposer et une niche de 25 pieds sur 64 aménagée dans l'usine pourra recevoir le combustible des deux réacteurs pendant vingt ans.

M. BEST: Faites-vous des recherches sur ce processus?

M. GRAY: Le processus de la séparation?

M. BEST: Sur le combustible ayant déjà servi.

M. GRAY: Oui, au cours des années, nous avons séparé une assez forte quantité de combustible, tant d'uranium que de thorium à Chalk River, de sorte que le processus n'offre plus aucun mystère. C'est un simple procédé chimique pour lequel nous pourrions passer un contrat commercial. Mais au stade actuel de la mise au point des cycles de combustible, il n'est pas économe de le faire. Avec le régime de haute combustion d'uranium naturel—quoiqu'il y ait d'autres genres de réacteurs qui pourraient plus ou moins le faire il n'y en a aucun qui donne d'aussi bons résultats que celui à l'eau lourde—on peut obtenir de l'énergie nucléaire à assez bon compte. Ceci intéresse fortement les pays qui viennent de se lancer dans ce domaine. Ils n'ont pas de programme militaire, ils n'ont pas d'usine de diffusion et ils n'ont aucun moyen d'utiliser le plutonium. L'Inde s'y intéresse vivement. Comme vous le savez sans doute, l'Inde, lorsqu'elle demande des soumissions pour des réacteurs,

stipule que ceux-ci doivent être à l'uranium naturel. Elle ne stipule pas que ces réacteurs doivent être des réacteurs à forte combustion d'uranium naturel, mais dans l'Inde et dans plusieurs autres pays les gens sont fort intrigués par la simplicité de ce cycle de combustible. Il élimine bien des problèmes que posent les installations de diffusion et de séparation pour un organisme national. On peut éviter cette difficulté en traitant avec d'autres pays, tels que les États-Unis. Le Japon, par exemple, pourrait convenir d'acheter tout son combustible des États-Unis et de le leur revendre afin qu'il le transforme de nouveau. Ce genre d'entente ne plaît guère aux entreprises de service, car de cette façon le prix de revient de l'énergie sera soumis pendant les trente prochaines années aux caprices d'un gouvernement étranger.

M. BEST: Voulez-vous dire que l'uranium enrichi intéresse les entreprises de service?

M. GRAY: Nous constatons d'une part que beaucoup de pays s'intéressent au cycle de combustible des installations canadiennes à cause de sa simplicité et d'autre part nous sommes parfaitement convaincus que ces installations—celles de la CANDU—nous permettront, à nous et à d'autres pays, d'obtenir de l'énergie électrique au prix net le plus bas.

M. BEST: Et vous estimez que ce sera toujours le cas?

M. GRAY: Nous voyons la possibilité d'améliorer ce régime afin qu'il reste à la hauteur des autres. Je ne prétends pas que ce soit le seul régime qui puisse répondre aux besoins de tous les pays du monde. Toutes les entreprises de service ont des difficultés pour ce qui est du financement, de l'accroissement du débit, de l'importance des installations, que leur facteur de débit soit de 50 p. 100 ou de 80 p. 100. Il faut tenir compte de chacun de ces facteurs pour chaque entreprise de service lorsqu'il s'agit de décider du genre de centrale d'énergie nucléaire à construire. Notre centrale à nous, tout comme une centrale hydro-électrique, consomme peu de combustible. Les usines hydro-électriques n'ont pour ainsi dire aucuns frais de combustible et si une centrale hydro-électrique peut convenir à un réseau de service, une centrale nucléaire peut également répondre à certains besoins, puisque toutes deux demandent de fortes mises de fond et emploient peu de combustible.

M. AIKEN: C'est d'autant plus le cas maintenant, puisqu'il y a de toute évidence surproduction d'uranium naturel dans le monde; autrement dit, il est facile de produire de l'uranium naturel et cela ne coûte pas très cher.

Le PRÉSIDENT: Puis-je demander quel appareil utilise le plus d'uranium enrichi?

M. GRAY: Je pense que c'est celui à l'uranium enrichi quoique, à la longue, pendant dix années de fonctionnement, il n'y aurait pas beaucoup de différence. Pendant la première année, il en faudrait probablement plus pour l'appareil à uranium enrichi, parce qu'il alimenterait un assez gros pipeline. Selon la méthode de forte combustion d'uranium naturel, on se sert davantage d'uranium au départ, parce qu'il en faut davantage pour remplir le réacteur modéré au graphite. Il en faut environ 250 tonnes par réacteur. Je pense que selon notre méthode, un réacteur de mêmes dimensions prendraient de 50 à 60 tonnes.

M. DRYSDALE: Monsieur Gray, pourriez-vous nous dire quand il sera rentable pour le Canada de produire de l'eau lourde?

M. GRAY: Oui, il sera rentable pour le Canada de produire de l'eau lourde, lorsque la demande atteindra environ 100 tonnes par année. Il faut atteindre un certain niveau de production. C'est ce qui importe semble-t-il. Ceci veut dire que si nous construisons un CANDU tous les deux ans au Canada—et il semble que nous pourrions le faire dans un avenir assez rapproché—nous pourrions nous permettre de construire une usine à eau lourde,

et je suis sûr que cela se fera. L'usine sera construite près d'une de nos centrales d'énergie bon marché. Nous pourrions aisément concurrencer le prix actuel de \$28 la livre pratiqué aux États-Unis.

M. DRYSDALE: Et à peu près quelle mise de fonds faudrait-il envisager pour une telle usine?

M. GRAY: Je regrette, mais je n'ai pas ce renseignement sous la main. Je puis vous l'obtenir. Une usine semblable ne tombe pas dans la catégorie des usines de diffusion. Elle vaudrait de 5 à 10 millions de dollars, mais ce serait une entreprise assez intéressante du point de vue commercial.

M. DRYSDALE: Il paraît qu'une usine à eau lourde américaine a coûté 168 millions de dollars.

M. GRAY: C'est une usine qui produit 500 tonnes par année. Or, nous ne commencerions pas par une usine aussi importante. Celle-là a été construite il y a près de dix ans et depuis lors les Américains se sont rendu compte de ce qu'il leur fallait vraiment.

Le PRÉSIDENT: A-t-on jamais produit de l'eau lourde au Canada?

M. GRAY: Oui, la *Consolidated Mining and Smelting* a produit de l'eau lourde à son usine de Trail au début de la guerre mais cela leur coûtait si cher qu'ils n'ont pas pu continuer.

M. DRYSDALE: Monsieur Gray, voulez-vous nous faire part de vos opinions à ce sujet? On a l'impression, je crois bien, qu'ici au Canada nous avons atteint le point mort, en ce sens que nous avons travaillé sur de l'uranium naturel en nous servant d'eau lourde comme refroidisseur et comme modérateur. Nous avons suivi une orientation déterminée et nous avons eu recours aux talents et à la spécialisation là où ils se trouvaient, alors qu'aux États-Unis on s'est lancé dans la direction de l'uranium enrichi. D'après ce que vous avez dit, j'ai compris que le procédé à l'uranium enrichi coûte des centaines de millions de dollars. Vous nous avez dit également, et vous pourriez peut-être nous donner de plus amples détails à ce sujet, où en était la demande mondiale à l'heure actuelle. Autrement dit, est-ce que nous faisons des progrès avec notre méthode au Canada et, si c'est le cas, dans quel pays, ou plutôt, comment sommes-nous placés par rapport à la vente de notre procédé à travers le monde?

M. GRAY: Aux États-Unis—ils se sont surtout occupé des réacteurs enrichis à l'eau légère—mais ils se sont également intéressés à d'autres procédés, y compris celui à l'eau lourde.

M. DRYSDALE: Est-ce que l'eau légère est de l'eau ordinaire?

M. GRAY: Oui. En réalité, ils construisent et ils exploitent les plus grandes usines à eau lourde du monde, ce sont des usines de production. Ils dressent des plans et ils construisent des générateurs d'énergie modéré à eau lourde. Toutefois, c'est aux méthodes enrichies qu'ils ont consacré le plus d'efforts. On s'intéresse beaucoup à la méthode canadienne sur les marchés mondiaux. Des pays tels que le Japon, l'Inde et l'Égypte sont particulièrement intéressés. En Allemagne de même qu'en France on construit des réacteurs à eau lourde. Au Royaume-Uni, nous travaillons avec l'administration de l'énergie atomique sur le refroidissement à la vapeur d'un réacteur à eau lourde. Nous travaillons avec les Américains de façon très satisfaisante sur des réacteurs à eau lourde. Quant à la vente de réacteurs, nous n'avons pas vraiment essayé de les vendre sur les marchés mondiaux, parce que nous n'avons pas encore de réacteurs qui fonctionnent. Pour autant que je sache, nous n'avons pas essayé d'en vendre jusqu'à présent. Je ne sais pas ce que la *Canadian General Electric* et la *Canadian Westinghouse*, qui devraient vendre des réacteurs à l'heure actuelle, sont en train de faire en réalité, mais je soupçonne qu'ils attendent

que la NPD commence à fonctionner afin qu'ils puissent dire: voici ce que nous pouvons vous fournir.

M. DRYSDALE: J'aimerais surtout savoir, si nous avons besoin d'un programme intensif à l'heure actuelle, car je crois que vous serez d'accord pour dire que si certains pays se décident à toutes fins utiles d'adopter la méthode d'enrichissement et que la Canada n'est pas sur le marché parce que, comme vous venez de le dire, il faudrait des centaines de millions de dollars...

M. GRAY: Absolument rien n'indique que les générateurs d'énergie à uranium enrichi vont de nouveau être très demandés et qu'on en installera dans tous les pays du monde. Rien n'indique qu'il en sera ainsi.

M. DRYSDALE: Mais si ces pays installaient des générateurs d'énergie à uranium enrichi, cela signifierait qu'ils seraient liés pendant une certaine période de temps. Estimez-vous que ce serait pendant vingt ou trente années?

M. GRAY: Cela dépend de la façon dont vous faites vos calculs, mais on peut dire qu'un réacteur dure vingt ou trente années.

M. DRYSDALE: Donc, c'est là un point important si le Canada veut vendre des générateurs d'énergie à uranium naturel à travers le monde?

M. GRAY: Nous vendons une bonne quantité de notre uranium aux États-Unis et, à vrai dire, ce sont les seuls fournisseurs d'uranium enrichi; une assez forte quantité d'uranium canadien aboutit dans leurs usines de diffusion et ensuite on l'emploie dans les générateurs d'énergie installés dans les divers pays du globe.

M. BEST: Vous estimez donc que, quel que soit le genre de générateur, ce ne serait pas nos marchés d'uranium mais nos marchés de réacteurs et de produits semblables qui en subiraient les conséquences si d'autres pays désiraient le faire?

M. GRAY: Et nos ventes d'éléments combustibles usinés. Au stade où nous sommes, bien que nous puissions obtenir de l'uranium enrichi des États-Unis, nous l'utiliserions au Canada. Il nous serait difficile d'obtenir des matières enrichies des États-Unis pour les transformer et les expédier au Japon.

M. BEST: Vous avez cité le prix d'un appareil d'enrichissement, or ce prix varie. Est-ce que de nouveaux faits se sont produits dernièrement qui indiqueraient qu'une telle installation coûteraient dans l'ordre de 100 ou de 200 millions de dollars?

M. GRAY: Je pense que cela dépend de l'importance des installations. Je pense que le prix de construction se situerait entre 100 et 200 millions de dollars, mais je ne fais qu'hasarder une conjecture. Nous ne sommes pas très bien renseignés sur ce sujet. Ces renseignements sont considérés comme étant tout à fait confidentiels aux États-Unis.

M. AIKEN: Il me reste une seule question à vous poser pour compléter l'explication du graphique sur le cycle de combustible, monsieur Gray. Pourriez-vous nous dire quelle différence il y a entre un réacteur à faible et à forte combustion d'uranium naturel, quelle différence y a-t-il du point de vue du combustible?

M. GRAY: En ce qui concerne le combustible, on peut se servir du même combustible pour l'un ou l'autre réacteur, mais celui à faible combustion est construit de telle façon qu'il ne peut absolument pas brûler l'uranium au delà de 3,000 mégawatts-jours par tonne, mettons; c'est le niveau qu'on s'attend à atteindre au Royaume-Uni à cause de la modération du réacteur. Si on utilise le même combustible dans un réacteur à forte combustion, on peut obtenir jusqu'à 10,000 mégawatts-jours par tonne, de sorte qu'il présente le même aspect en sortant de l'un ou l'autre réacteur mais en sortant de l'un d'eux il n'est que partiellement brûlé et il faut encore le passer au tamis comme on le

faisait autrefois avec les cendres des chaudières pour récupérer les restes de charbon.

M. AIKEN: C'est en somme l'effet utile qui fait la différence? Il y a double emploi. En d'autres termes, tandis que dans le cas de l'appareil à faible combustion on enlève le combustible du tuyau, dans celui à forte combustion, on le remplace, ou on le maintient dans les tuyaux jusqu'à ce qu'une plus forte quantité se soit accumulée?

M. GRAY: Une plus forte quantité d' $U^{235}$ , et le plutonium est également brûlé.

M. AIKEN: Est-ce là la principale différence, que le plutonium soit brûlé?

M. GRAY: Ce n'est pas la principale différence, c'est un aspect important, mais dans les réacteurs à faible combustion d'uranium, une certaine quantité de plutonium est également brûlé.

M. AIKEN: Avons-nous des réacteurs à forte combustion en ce moment?

M. GRAY: Non.

M. AIKEN: Est-ce que le réacteur de CANDU est un réacteur à faible combustion?

M. GRAY: Non, on s'attend que celui de CANDU produise 9,750 mégawatts-jours par tonne.

M. AIKEN: Et celui de Rolphton?

M. GRAY: Celui-là donne environ 6,000. Il n'est pas assez grand pour servir, de manière satisfaisante, de réacteur à forte combustion.

M. AIKEN: C'est simplement la construction de l'appareil qui fait la différence et non pas le combustible?

M. GRAY: C'est cela.

M. DRYSDALE: Monsieur Gray, je remarque que dans le schéma marqué uranium enrichi, l'usine où l'on fabrique du combustible est deux fois plus grande que les deux autres. Qu'est-ce que cela signifie?

M. GRAY: Comme je vous l'ai expliqué brièvement, c'est parce qu'on y traite une substance fortement enrichie; lorsqu'on manipule une substance enrichie de 90 p. 100, mettons, il faut faire très attention, car elle pourrait former une masse active et un accident, une explosion nucléaire, pourrait se produire. Il y a aussi d'autres règles qu'il faut suivre en matière de protection et d'économie, de sorte qu'il faut surveiller l'uranium naturel de très près. Je suis sûr que l'usine où l'on traite la substance enrichie est au moins deux fois plus grande que celle où l'on traite l'uranium naturel.

M. DRYSDALE: Pour poursuivre la question, qu'entendez-vous par accident? Est-ce qu'une forte explosion pourrait avoir lieu?

M. GRAY: L'importance de l'explosion peut varier. Il pourrait y avoir tout simplement une petite détonation, avec beaucoup de radiation, et toute personne se trouvant à proximité serait gravement blessée. Une bombe nucléaire n'exploserait sans doute pas à cause de la façon dont elle est construite.

M. DRYSDALE: Mais le danger existe? Je voulais m'en rendre compte par rapport à nos futures ventes, lorsque nous ferons des démarches pour vendre nos générateurs d'énergie.

M. GRAY: On peut manipuler de l'uranium enrichi, nous le faisons, et on le fait aux États-Unis, mais il faut faire très attention. Je n'ai connaissance d'aucun accident qui soit arrivé en fabriquant du combustible d'uranium enrichi.

M. AIKEN: Quand vous parlez d'uranium enrichi, vous voulez dire le genre de combustible qu'on emploie pour la bombe?

M. GRAY: Oui, de l'uranium<sup>235</sup> ou du plutonium séparé. Dans beaucoup de régimes enrichis, on ne se sert pas d'uranium<sup>235</sup>, on ne se sert que d'uranium enrichi de 2 ou 3 p. 100.

J'ai parlé en passant des réacteurs modérés et refroidis à l'eau lourde. Nous étudions également d'autres genres de refroidissants d'eau lourde y compris les réacteurs refroidis organiquement. Nous venons de recevoir le rapport dont je parle dans mon mémoire. Nous avons également étudié le refroidissement à la vapeur d'eau légère de réacteur modérés à l'eau lourde. C'est un domaine qui retient l'attention au Royaume-Uni. Nous avons également étudié d'autres modèles de réacteurs à uranium naturel, de réacteurs modérés au graphite, de réacteurs à haute température modérés au graphite. Ceux-ci sont en général enrichis mais ce n'est pas indispensable.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, désirez-vous que M. Gray vous explique la construction de ces réacteurs ou voulez-vous attendre que nous soyons à Chalk River?

M. DRYSDALE: Je préférerais attendre que nous soyons à Chalk River. Il y a un autre point qui m'intrigue, c'est une question assez délicate. M. Aiken a demandé si l'uranium enrichi est un ingrédient essentiel de vos bombes atomiques. A-t-on essayé chez nous de fabriquer de petites bombes atomiques en se servant d'uranium enrichi?

M. GRAY: Pas que je sache. Pour une bombe, nous nous servirions d'uranium<sup>235</sup> presque pur et, lorsque nous parlons d'uranium enrichi, ceci veut dire que nous prenons de l'uranium naturel et que nous augmentons, dans diverses proportions, la quantité d'uranium<sup>235</sup> qu'il contient. Quand on en sépare l'uranium<sup>235</sup>, c'est ce qu'on emploie normalement pour une bombe, cela ou du plutonium.

M. DRYSDALE: Étant donné les progrès techniques considérables réalisés au Canada et la connaissance que nous avons de l'uranium, pourrions-nous à l'heure actuelle produire nous-mêmes une bombe atomique?

M. GRAY: Je pense que nous pourrions le faire mais une telle bombe laisserait à désirer. Je pense que nos hommes de science sont parfaitement capables d'accomplir les travaux de physique nécessaires pour produire une bombe, mais nous n'avons rien fait du tout dans ce domaine.

M. AIKEN: Nous avons concentré nos efforts sur l'utilisation de l'énergie atomique pour des fins pacifiques.

M. GRAY: L'*Atomic Energy of Canada Limited* n'a aucun programme militaire.

Le PRÉSIDENT: M. Howe m'a fait la même réponse que M. Gray il y a environ quatre ans.

M. BEST: Monsieur Gray, quand vous nous parliez du combustible des réacteurs et du reste, vous avez dit qu'il y avait de la documentation confidentielle sur la substance enrichie des centrales de fission des États-Unis. Est-ce que ceci a joué un rôle lorsque vous avez cherché à évaluer ou à explorer les possibilités au Canada—est-ce que le manque de renseignements, le fait que les États-Unis et d'autres pays considèrent les renseignements sur les procédés enrichis comme étant confidentiels, vous a gênés?

M. GRAY: En vertu de notre entente avec les États-Unis, nous aurons accès à certains chiffres qui nous permettront de calculer le prix approximatif d'une centrale d'enrichissement sur des bases bien fondées. Il ne nous sera sans doute pas possible de connaître le prix global de l'une ou l'autre centrale des États-Unis car ceci nous permettrait de savoir la quantité d'uranium<sup>235</sup> qu'on y traite.

M. BEST: Pour quelle raison? Est-ce parce qu'ils ne le savent pas ou parce qu'ils ne veulent pas le dire?

M. GRAY: C'est prévu dans leur programme militaire.

Le PRÉSIDENT: C'est un renseignement confidentiel, n'est-ce pas, monsieur Gray?

M. BEST: N'estimez-vous pas dans un sens que ceci vous gênerait dans le choix d'usines produisant cette substance afin d'obtenir de l'énergie?

M. GRAY: Non, je suis sûr que cela ne nous gênerait pas.

Le PRÉSIDENT: Vous voulez dire, monsieur Best, que ce facteur ne les a pas poussés à choisir le genre de réacteur dont ils se servent en ce moment?

M. BEST: Précisément. En d'autres termes, aux États-Unis, cette substance sert à plusieurs fins—à des fins civiles et à des fins militaires. Nos fins à nous sont, de toute évidence, simplement des fins civiles ou plutôt nous voulons obtenir de l'énergie, mais vous estimez que nous avons suffisamment de renseignements sur la production pour faire les calculs nécessaires?

M. GRAY: Pour faire une évaluation bien fondée du prix à envisager. Il y a une autre question, savoir, que si on construit une centrale de diffusion au Canada, elle devra être de grandeur minimum et je ne suis pas tout à fait sûr de ce que ceci implique. Le rendement dépasserait de beaucoup les exigences d'un programme d'énergie. Il faudrait l'associer à un programme national d'énergie militaire. Aucun programme mondial d'énergie que nous prévoyons pour les dix prochaines années ou plus ne pourrait absorber son rendement.

M. BEST: Tiens, c'est intéressant, même si la centrale était de grandeur minimum. Vous ne voyez pas la possibilité de vendre les produits d'une centrale d'enrichissement de grandeur minimum même sur une échelle mondiale?

M. GRAY: Sur les marchés mondiaux nous serions en concurrence avec les États-Unis qui possèdent de grandes centrales et dont les frais seront forcément inférieurs aux nôtres, et la Grande-Bretagne qui a des centrales de diffusion. D'après nos renseignements, les États-Unis et la Grande-Bretagne nous feront concurrence sur les marchés mondiaux, de sorte que nous ne pouvons pas affirmer que si nous construisons une centrale au Canada nous pourrions vendre toute la quantité qu'elle produit. C'est absolument impossible.

Le PRÉSIDENT: Est-ce que les autorités des États-Unis ont refusé de vous fournir des renseignements?

M. GRAY: Ils n'ont pas refusé de nous fournir les renseignements dont nous avons besoin pour notre programme, mais j'ignore s'ils ont refusé de nous fournir d'autres données. Nous ne leur avons pas demandé de renseignements sur leurs gros réacteurs de production. Si nous leur demandions de tels renseignements, ils refuseraient de nous les donner.

M. AIKEN: J'allais vous poser une question au sujet du combustible. Est-il juste de dire dans l'ensemble que le volume et le prix du combustible de ces centrales d'énergie sont comparativement peu élevés, est-ce que ceci ne joue pas un rôle important pour ce qui est de la centrale?

M. GRAY: C'est important pour les réacteurs d'uranium naturel. Ce sont des éléments importants pour les réacteurs enrichis. Si vous songez au réacteur à forte combustion, cela revient à un millième par kilowatt-heure. Dans le cas du réacteur enrichi, cela revient à 3 millièmes et les frais des réacteurs du Royaume-Uni se situent entre un millième et 3 millièmes.

M. AIKEN: Là où je voudrais en venir, c'est que puisque le prix du combustible est minime, cela ne vaudrait-il pas la peine de dépenser proportionnellement plus d'argent pour l'enrichir. Ai-je raison?

M. GRAY: Oui, cela ne vaut pas la peine pour les programmes d'énergie nucléaire si ceux-ci ne sont pas liés au programme militaire. Du point de vue économique, cela n'aurait aucun sens.

M. AIKEN: Ce serait d'autant plus le cas que le prix de l'uranium baisse en ce moment.

M. BEST: Vous avez dit qu'en vous servant d'uranium naturel pour votre procédé, vos frais d'immobilisation augmenteraient à un stade plus avancé du programme.

M. GRAY: Pour notre réacteur d'énergie. Dans l'ensemble, les procédés à l'uranium naturel coûtent plus cher par kilowatt que les procédés enrichis parce que les installations sont plus vastes.

M. BEST: Ce qui compense les autres immobilisations en combustible?

M. GRAY: Je dois ajouter également, que certains doutent que notre programme visant à mettre au point des réacteurs à régime unique soit bien fondé. Les entreprises de service et les fabricants peuvent disposer d'autres modèles de réacteur. Pour citer un exemple, la *Canadian General Electric Company* possède tous les renseignements sur les réacteurs enrichis que la *General Electric* des États-Unis a mis au point jusqu'à présent. La *Canadian Westinghouse* reçoit de la *Westinghouse Electric* des États-Unis tous les renseignements voulus sur les réacteurs enrichis à eau légère sous pression de sorte que s'il était rentable de les utiliser au Canada—les modèles que l'on construit aux États-Unis sont de grandes dimensions—si la Commission hydro-électrique d'Ontario ou d'autres entreprises pouvaient s'en servir, rien n'empêcherait la *Canadian General Electric Company* ou la *Canadian Westinghouse* de les offrir à la Commission ou à toute autre entreprise de service. L'*Atomic Energy of Canada Limited* n'empêche nullement les fabricants de construire d'autres réacteurs lorsqu'ils disposent de modèles.

M. BEST: C'est peut-être le cas, monsieur Gray, et je ne me range ni d'un côté ni de l'autre. Néanmoins, votre société occupe une situation unique au Canada. Vous êtes, en somme, les grands manitous dans ce domaine, et quelles que soient les opinions de ces grosses entreprises d'électricité ou de service, il me semble que la vôtre et l'orientation de l'intérêt doivent beaucoup influencer les entreprises privées dans ce domaine. Je songe à *Atomic Energy* et à *Eldorado* parce qu'elles exercent un certain contrôle. Ceci dépend dans une certaine mesure de l'orientation, des approvisionnements en combustible et ainsi de suite.

M. GRAY: Vous avez parfaitement raison. C'est le gouvernement fédéral qui dépense presque tout l'argent que l'on consacre à la mise au point de l'énergie atomique au Canada. La Commission hydro-électrique d'Ontario est le deuxième contributeur important à la mise au point de l'énergie atomique. Nous passerons contrat avec les industriels canadiens pour les appareils qui, selon nous, conviennent le mieux à l'industrie et aux entreprises de service canadiennes et il est certain que les fabricants s'intéressent beaucoup à notre programme. Ceci ne les empêche pas de se renseigner sur d'autres programmes.

M. BEST: Dans l'ensemble, lorsque les fabricants canadiens vous ont abordés, ce n'était pas au sujet d'autres programmes?

M. GRAY: Non.

M. AIKEN: Si on vous demande d'entreprendre des recherches sur l'un ou l'autre de ces modèles pour l'industrie privée, le faites-vous? Travaillez-vous avec les sociétés privées afin de mettre au point un certain modèle de réacteur ou certains travaux déterminés dans le domaine de l'énergie nucléaire?

M. GRAY: Oui, je pense que oui, si l'industrie s'y intéresse vraiment.

Le PRÉSIDENT: Je dois vous interrompre, c'est l'heure.

M. BEST: Il nous reste cinq minutes. Il y a une ou deux autres questions que j'aimerais tirer au clair. M. Gray pourrait peut-être terminer sa réponse.

M. NUGENT: Vous nous parliez des demandes de travaux spéciaux qui vous sont faites par des industriels.

M. GRAY: Le programme du réacteur refroidi organiquement a été amorcé en large mesure par l'industrie. Ce fut la *Canadian General Electric* qui proposa d'appuyer la mise au point d'un gros réacteur à énergie refroidi organiquement. Et c'est vraiment pour cela que nous nous sommes lancés dans ce programme. Nous nous y intéressons également mais en réalité c'est l'industrie qui en a eu l'initiative.

M. BEST: Quand projetez-vous de vous rendre en Europe, monsieur Gray?

M. GRAY: A la fin du mois, ou plutôt, le 1<sup>er</sup> juin. Et la semaine du 22 mai je ne serai pas disponible non plus.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, nous tâcherons d'organiser notre voyage cet après-midi.

M. BEST: M. Gray pourrait-il nous dire en quelques mots quels travaux effectués au sein de la Société présentent, à son avis, le plus d'intérêt? Il a parlé de la destruction des déchets, des modèles de réacteurs, de la radiation et certains travaux biologiques, je crois bien. Y a-t-il d'autres domaines d'importance primordiale qui intéressent le public selon vous?

M. GRAY: Je crois que notre collaboration avec l'industrie est une des questions importantes, la façon dont nous travaillons avec l'industrie à la mise au point de contrats, de contrats de construction, la part de travail que nous effectuons nous-mêmes et celle que nous confions à l'industrie. C'est un facteur important à mon avis. Les membres du Comité pourront en juger beaucoup mieux lors de leur visite à Chalk River.

Le PRÉSIDENT: La séance est levée.

#### TÉMOINS:

M. J. L. Gray, président de l'*Atomic Energy of Canada Limited*, et  
M. R. P. Errington, directeur de la Division des produits commerciaux.

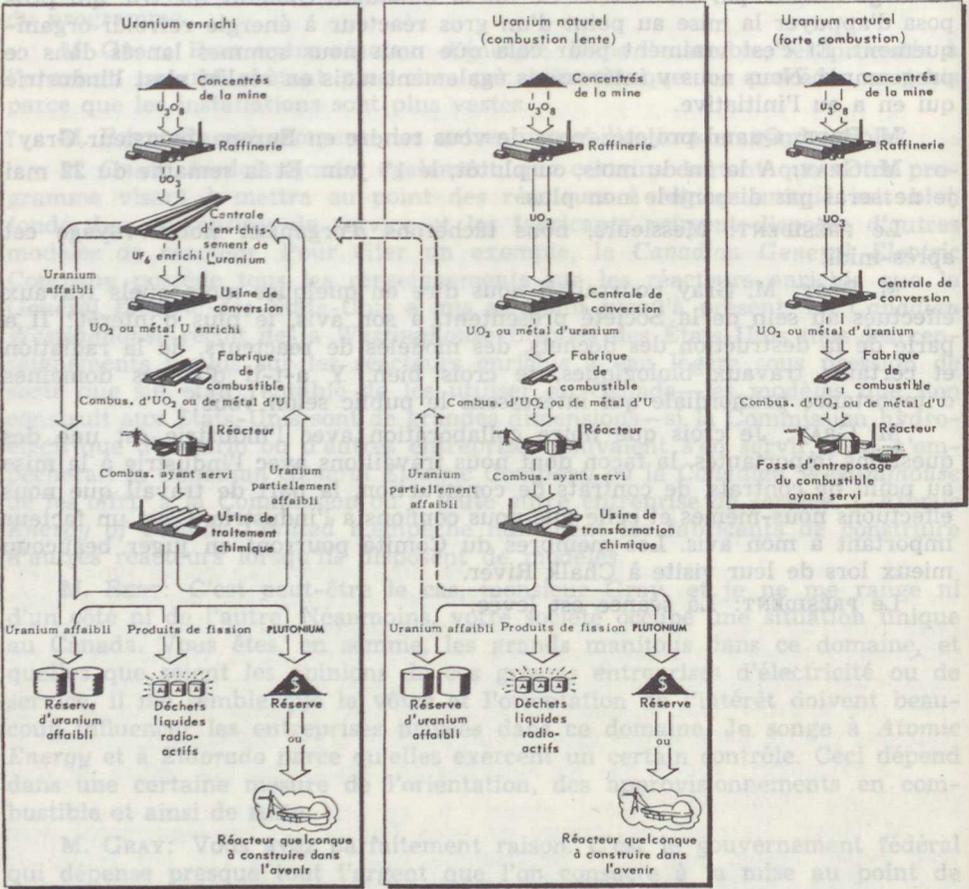
ROGER DURANEL, M.B.C.  
IMPRIMEUR DE LA REINE ET CONTRÔLEUR DE LA PAPETERIE  
OTTAWA, ONT.

25114-11

APPENDICE "A"

CYCLES COMBUSTIBLES DE RÉACTEURS NUCLÉAIRES - 1961

AECIL ILLUSTRATION REF. No. A-2687-E



le deuxième contributeur important à la mise au point de l'énergie atomique. Nous passerons contrat avec les industriels canadiens pour les appareils qui, selon nous, conviennent le mieux à l'industrie et aux entreprises de service canadiennes et il est certain que les fabricants s'intéressent beaucoup à notre programme. Ceci ne les empêche pas de se renseigner sur d'autres programmes.

M. BEAT: Dans l'ensemble, lorsque les fabricants canadiens vous ont abordés, ce n'était pas au sujet d'autres programmes?

M. GRAY: Non.

M. AIRKW: Si on vous demande d'entreprendre des recherches sur l'un ou l'autre de ces modèles pour l'industrie privée, le faites-vous? Travaillez-vous avec les sociétés privées afin de mettre au point un certain modèle de réacteur ou certains travaux déterminés dans le domaine de l'énergie nucléaire?

M. GRAY: Oui, je pense que oui, si l'industrie s'y intéresse vraiment.

CHAMBRE DES COMMUNES

Quatrième session de la vingt-quatrième législature

1960-1961



COMITÉ SPÉCIAL  
DES  
RECHERCHES

Président: M. J. W. MURPHY

PROCÈS-VERBAUX ET TÉMOIGNAGES

Fascicule 19

ATOMIC ENERGY OF CANADA LTD.

SÉANCE DU JEUDI 11 MAI 1961

TÉMOINS:

M. J. L. Gray, président de l'Atomic Energy of Canada Limited, et  
M. R. F. Errington, directeur de la Division des produits commerciaux.

ROGER DUHAMEL, M.S.R.C.  
IMPRIMEUR DE LA REINE ET CONTRÔLEUR DE LA PAPETERIE  
OTTAWA, 1961

COMITÉ SPÉCIAL DES RECHERCHES

Président: M. J. W. Murphy

Vice-président: M. C. A. Best  
et MM.

Aiken  
Batten  
Bissonnette  
Bourget  
Brunsdén  
Coates

Danforth  
Drysdale  
Dumas  
Forgie  
Godin  
\*Martel

McIlraith  
Nielsen  
Nugent  
Pitman  
Slogan  
Stewart

Secrétaire du Comité,  
J. E. O'Connor.

\*Remplacé le jeudi 11 mai 1961 par M. Stearns.

ORDRE DE RENVOI

JEUDI 11 mai 1961.

Il est ordonné—Que le nom de M. Stearns soit substitué à celui de M. Martel sur la liste des membres du Comité spécial des recherches.

Le greffier de la Chambre,  
LÉON-J. RAYMOND.

TÉMOINS:

## PROCÈS-VERBAL

Le jeudi 11 mai 1961.

(22)

Le Comité spécial des recherches se réunit à 2 h. 40 de l'après-midi, sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents:* MM. Aiken, Batten, Best, Coates, Danforth, Drysdale, Murphy, Nielsen, Pitman et Stearns. (10)

*Aussi présents:* De l'*Atomic Energy of Canada, Limited*: M. J. L. Gray, président; M. D. Watson, secrétaire; M. R. F. Errington, directeur de la Division des produits commerciaux.

Sur la proposition de M. Best, appuyée par M. Batten,

*Il est décidé*—Que les personnes dont les noms suivent soient invitées à témoigner au Comité au sujet de l'énergie atomique: M. W. Boyd, M. I. F. McRae, M. L. G. Cook, M. K. F. Tupper, M. Norman Z. Alcock, M. Royden C. Goldin, M. Frank Bleakley, M. D. G. Andrews, professeur, et M. John Davis.

*Il est convenu*—Que M. W. B. Lewis, vice-président, Recherches et mise au point; M. G. C. Laurence, directeur des recherches, Division des recherches et de la mise au point (réacteurs) de l'*Atomic Energy of Canada Limited*; M. H. A. Smith, directeur adjoint de la Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario et directeur de la Division de l'usine d'énergie nucléaire de l'*Atomic Energy of Canada Limited*, ainsi que certains autres fonctionnaires de la société employés à Chalk-River (Ontario) soient invités à témoigner au Comité.

*Il est convenu*—Que des copies des déclarations que certains fonctionnaires de la société employés à Chalk-River (Ontario) ont faites au Comité à l'occasion de la visite du comité à Chalk-River, les 4 et 5 mai, soient imprimées en appendice au compte rendu d'aujourd'hui. (Voir appendice A).

M. Gray dépose un tableau intitulé «Tableau des réacteurs mondiaux», dont des copies ont été distribuées aux membres du Comité.

MM. Gray et Errington sont interrogés au sujet des travaux de la Division des produits commerciaux et de la part prise par la société avec la collaboration de la Commission d'énergie hydro-électrique de l'Ontario, à la mise au point de la pile NPD et de la pile CANDU. On parle, entre autres sujets, de la mise au point de l'équipement nécessaire au traitement par irradiation des légumes et l'usage possible du traitement par irradiation dans la fabrication des tissus et de la pâte de bois.

L'emploi des isotopes et la publication, dans les journaux et revues scientifiques, des travaux accomplis font également l'objet d'une discussion.

A 4 h. 38 de l'après-midi, le Comité s'ajourne jusqu'à 2 heures et demie de l'après-midi du mardi 16 mai 1961.

Le secrétaire du Comité,  
J. E. O'Connor.

COMITÉ SPÉCIAL DE RECHERCHES—VISITE À LA DIVISION  
DES PRODUITS COMMERCIAUX ET AUX ATELIERS DE  
L'ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED

Le MARDI 9 mai 1961.

Les membres du Comité dont les noms suivent, soit MM. Aiken, Batten, Bissonnette, Danforth, Drysdale, Murphy et Nugent, accompagnés de MM. Kindt, Korchinski, McQuillan, Noble, Spencer, Stefanson, Winkler et Wratten, se rendent en automobile, à 2 heures de l'après-midi, aux ateliers de l'Atomic Energy of Canada Limited, situés avenue Laperrière.

Après y avoir examiné l'équipement lourd qui sert à la fabrication des divers appareils thérapeutiques, les membres du Comité se rendent à la Division des produits commerciaux de la société, à Tunney's-Pasture.

On leur fait visiter les laboratoires et les diverses sections de la Division, ils ont ainsi l'occasion d'y interroger les fonctionnaires supérieurs.

À 5 heures de l'après-midi, les membres du Comité reviennent à la Chambre des communes.

Le secrétaire du Comité,  
J. E. O'Connor.

Le secrétaire du Comité,  
J. E. O'Connor.

## TÉMOIGNAGES

Le JEUDI 11 mai 1961.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, nous sommes en nombre. Si vous le voulez bien, nous allons aborder la question des témoins qui doivent être invités à témoigner au Comité et nous parlerons pendant quelques minutes de notre voyage à Chalk-River. Monsieur Best, je crois que vous avez préparé, de concert avec les autres membres du Comité, une liste des témoins.

M. BEST: Oui, monsieur le président. Dois-je, si on y consent, proposer que ces personnes soient invitées?

M. DRYSDALE: Dites-nous de qui il s'agit.

M. BEST: M. Winnett Boyd, président d'*Arthur D. Little of Canada Limited*; M. K. F. Tupper, président de l'*Ewbank and Partners (Canada) Limited*; M. Royden C. Golding, rédacteur, *Modern Power and Engineering, Maclean-Hunter Publishing Company Limited*; M. John Davis, directeur de la recherche et du planisme, *B. C. Electric Company Limited*; M. Frank Bleakley, professeur; M. D. G. Andrews, département du génie chimique, Université de Toronto; M. Norman Z. Alcock, Oakville (Ontario); M. L. G. Cook, *General Electric Company*; et M. Ian McRae, président de la *Canadian Nuclear Association*.

Le PRÉSIDENT: Proposez-vous que ces témoins soient invités à témoigner?

M. BEST: Je propose que ces témoins soient invités.

Le PRÉSIDENT: La proposition est appuyée par M. Batten.

La motion est approuvée.

Le PRÉSIDENT: En plus de ces messieurs, nous avons d'autres représentants de l'*Atomic Energy of Canada Limited*, et M. Laurence et M. Smith de la Commission d'énergie hydro-électrique de l'Ontario. M. Smith s'est entretenu avec nous l'autre soir à Chalk-River. Il est très au courant de ce travail et il serait bon, je crois, que le secrétaire se mette en rapport avec lui. Il a été d'un précieux secours, pour le Comité. M. Laurence, M. Stewart, M. Butler et les autres que vous voulez avoir comme témoins pourraient être invités sans avis préalable.

Je signale, en passant, que le groupe qui a fait le voyage à Chalk-River comptait neuf membres du Comité et onze autres députés, et que nous avons exprimé nos remerciements à M. Gray ainsi qu'à ses adjoints pour le programme excellent qu'ils avaient préparé pour cette occasion. Notre visite a été intéressante et instructive. Comme je le disais à Chalk-River, nous avons eu une journée bien remplie, en plus des quelques heures de la veille, au cours desquelles nous avons entendu M. Smith. Plusieurs membres du personnel de l'*Atomic Energy of Canada Limited* ont fait au cours de la journée de brefs exposés des travaux. M. Gray a apporté ici les exposés des différents membres de son personnel: celui de M. G. C. Laurence, qui a trait aux travaux de recherches et de mise au point dans le domaine de l'énergie nucléaire, et celui de M. Butler, qui porte sur le travail de la division de la biologie, de l'hygiène et de la physique. L'exposé sur la division de la chimie et de la métallurgie a été fait par M. Campbell et celui qui se rapporte à la recherche à la division de la physique est l'œuvre de M. Elliot. En outre, M. Laurence a écrit un article sur la sécurité relative aux réacteurs. Je propose, messieurs, que ces travaux soient incorporés au compte rendu de la séance d'aujourd'hui. Tout le monde est d'accord?

Des VOIX: D'accord.

Le PRÉSIDENT: Ces comptes rendus permettront à ceux d'entre vous qui ne sont pas allés à Chalk-River de se mettre au courant de ce qui a été dit au cours de notre visite; en outre, je le répète, tous ces messieurs pourront venir témoigner devant notre comité.

M. BEST: Je ne crois pas que vous ayez nommé M. Lewis de façon officielle.

Le PRÉSIDENT: Je crois que M. Lewis sera ici mardi prochain.

M. J. L. GRAY (*Président de l'Atomic Energy of Canada Limited*): Il rentrera d'Europe demain.

Le PRÉSIDENT: Mardi prochain, messieurs, je crois que MM. Winnett Boyd et Lewis seront parmi nous, ainsi que M. Laurence. Selon toute apparence, nous aurons deux séances mardi.

Comme le président des États-Unis d'Amérique viendra nous rendre visite la semaine prochaine, je suis d'avis qu'il serait préférable d'attendre à la séance de mardi prochain pour prendre une décision au sujet de la séance de mercredi. En tout cas, la séance suivante se tiendra jeudi après-midi et il y aura vraisemblablement séance le soir aussi et le lendemain vendredi. Il est probable que nous devons avoir six séances la semaine prochaine et six également la semaine suivante; aussi, j'espère que nous serons en nombre au moment de l'ouverture de nos séances.

Je crois que M. Gray a quelque chose à dire en réponse aux questions posées par M. Drysdale et qu'il veut aussi déposer un tableau.

M. GRAY: M. Drysdale, comme on peut le voir à la page 684 du procès-verbal, a demandé si je pouvais apporter un livret ou un ouvrage donnant la liste des réacteurs nucléaires. Je me suis entretenu de ce sujet avec lui et j'ai réussi à me procurer un tableau des réacteurs du monde; ce tableau nous vient de la publication britannique *Nuclear Power*. Bien que ce tableau ne soit pas tout à fait au point, nous y trouvons un très bon exposé de la situation actuelle. Nous en possédons une vingtaine d'exemplaires et j'espère que nous en aurons suffisamment pour tous les membres du Comité. Je ne sais pas toutefois si ce tableau pourra figurer au procès-verbal.

Comme on peut le voir à la page 720 du procès-verbal de la 18<sup>e</sup> séance, on m'avait demandé de donner le coût approximatif d'une usine de production d'eau lourde et j'avais répondu que ce montant s'établissait, à mon avis, entre 5 et 10 millions de dollars. Il y a moyen de construire une usine au coût de 5 ou 10 millions de dollars, mais il a été question ensuite d'une usine pouvant produire une centaine de tonnes par année, et j'estime que le coût d'une usine de ce genre serait d'environ 20 millions de dollars.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, M. Gray se fera un plaisir de répondre aux questions que vous lui poserez.

M. AIKEN: Je voudrais poser deux ou trois questions, en particulier au sujet de la division des produits commerciaux, que nous avons visitée au début de la semaine. J'ai entendu parler d'un projet que la division a mis à l'étude et qui a trait au traitement par irradiation des légumes, en particulier des pommes de terre des Provinces Maritimes. M. Gray ou M. Errington voudrait-il nous donner de plus amples renseignements au sujet de l'utilisation des sous-produits atomiques dans ce domaine relativement nouveau?

M. GRAY: Je pourrais peut-être tout d'abord, vous faire un bref historique de ce projet de perfectionnement; la Division des produits commerciaux est à terminer les plans, dont les détails vous intéresseront peut-être. Il y a deux ou trois ans, la division des produits commerciaux a proposé aux directeurs de la société de construire un appareil pour l'irradiation des pommes de terre. Il s'agissait d'une machine de grandes dimensions qui coûterait passablement cher. Les directeurs ont par conséquent décidé qu'avant de dépenser un quart de

million pour la construction d'une machine de ce genre, nous devrions obtenir des autorités de la Santé l'assurance qu'une fois la machine terminée, nous pourrions l'utiliser. Nous avons fait part de la chose à M. Errington. Après qu'il eut reçu de la Direction des aliments et drogues un certificat attestant que nous pouvions faire usage de l'appareil, nous avons étudié à nouveau la question et M. Errington a reçu, il y a six mois, l'autorisation...

M. R. F. ERRINGTON (administrateur, division des produits commerciaux, *Atomic Energy of Canada, Limited*): L'automne dernier.

M. GRAY: ...de mettre le projet à exécution. Nous l'avons approuvé à titre de projet de perfectionnement et la Division des produits commerciaux met actuellement la dernière main aux plans et entreprend la construction de l'appareil. Nous espérons disposer d'un appareil de perfectionnement pour le traitement des pommes de terre. Voulez-vous que M. Errington vous donne maintenant quelques détails?

M. AIKEN: Oui. M. Errington voudrait-il nous expliquer deux choses, soit le but que l'on se propose effectivement d'atteindre en recourant au traitement par irradiation des pommes de terre et la question de sécurité dans le traitement par irradiation? Qu'est-ce qui se produit effectivement lorsque les pommes de terre sont soumises à l'irradiation et quelles sont les considérations qui s'imposent dans le domaine de la santé?

M. ERRINGTON: Je ne suis pas sûr d'avoir bien compris vos questions. Je crois les avoir engeristrées en sens inverse. Votre première question avait trait au résultat d'ordre technique?

M. AIKEN: Qu'est-ce qui se produit? Qu'est-ce qui se produit, dans l'ordre matériel, au moyen du traitement par irradiation des pommes de terre? Comment se fait ce traitement et quels en sont les résultats? Si je comprends bien, il s'agit, entre autres choses, d'empêcher les pommes de terre de germer.

M. ERRINGTON: Les pommes de terre en entrepôt, vous le savez, se gâtent et se dessèchent. Elles ne sont pas aussi belles au printemps qu'à l'automne et le traitement par irradiation a pour objet d'empêcher la germination. C'est un fait établi, du point de vue technique comme du point de vue scientifique, qu'on peut atteindre ce résultat et que les pommes de terre ainsi traitées n'ont pas besoin d'être entreposées dans une chambre frigorifique, qu'elles se conservent plus longtemps une fois ensachées, et qu'elles restent fermées. C'est là, je le répète, un fait établi du point de vue scientifique, depuis plusieurs années. L'action des rayons gamma, dans le traitement par irradiation, détruit les germes et prévient la repousse. Il s'agit donc, en recourant à ce traitement, de trouver un moyen d'assurer au printemps de meilleurs pommes de terre que l'on n'en a habituellement.

Il y a encore certaines autres raisons d'ordre particulier. On peut empêcher les pommes de terre de germer ou encore en réduire la germination, en les entreposant dans des chambres frigorifiques, mais ce procédé, si je comprends bien, présente certains désavantages quant à l'utilisation des pommes de terre dans des cas particuliers, dans le cas des frites par exemple. Je ne suis pas spécialiste en la matière, mais je crois que les pommes de terre frigorifiées prennent parfois une teinte foncée lorsqu'elles servent à faire des frites.

Je voudrais maintenant souligner un ou deux points qui se rapportent au projet. L'équipement qu'on a conçu sert à titre d'essai seulement. Nous avons fait le traitement de quelques boisseaux à la fois et avons fait l'observation de ces derniers avec la collaboration de la ferme expérimentale à Ottawa. On a eu recours à la même méthode dans d'autres pays, mais la méthode que nous employons est une méthode d'essai où l'on met l'accent sur le point de vue économique. Elle n'est pas destinée à des études scientifiques. Notre équipement ne peut traiter que quelques milliers de livres de pommes de terre par année, et

ce que nous envisageons, c'est de lancer un programme avec la collaboration d'un grand nombre de personnes se spécialisant dans l'industrie des pommes de terre (entreposage, culture (etc.)), de façon à pouvoir traiter 10 à 15 tonnes pour celui-ci, 10 à 15 tonnes pour celui-là et leur permettre de se rendre compte de l'état des tubercules qui ont été soumis au traitement.

Pour ce qui est de l'effet du traitement du point de vue sanitaire, vous savez sans doute que les gens des aliments et drogues sont chargés de veiller à ce que les aliments que nous consommons sont de bonne qualité. Comme ce traitement par irradiation est une innovation, ils doivent l'examiner. Ils ont déjà étudié un mémoire assez long que nous leur avons soumis et approuvé la consommation, par les humains, de pommes de terre qui ont été soumises au traitement par irradiation. C'est là, à mon avis, un fait nouveau et je crois que le Canada est le premiers pays du monde occidental à obtenir une approbation de ce genre. Il se peut qu'il y en ait d'autres, mais je ne le crois pas.

Je ne suis pas un spécialiste en matière d'aliments ou de drogues, mais il est assez difficile pour un homme de science de concevoir qu'un traitement de ce genre puisse avoir de mauvais effets sur les pommes de terre. Le traitement ne provoque aucune radioactivité dans les pommes de terre, qui ne peuvent venir en contact avec la matière rayonnante; aussi je ne vois pas pourquoi le public ne donnerait pas son entière approbation à ce traitement car, enfin, nous acceptons de fumer des cigarettes dont l'emballage est réglé par radio-isotopes. Je le répète, je ne vois pas pourquoi les gens n'accepteraient pas d'employer ces pommes de terre, mais sait-on jamais? Il y a des personnes qui éprouvent des craintes dès qu'il est question de radioactivité.

M. AIKEN: Ainsi, les pommes de terre ne retiennent rien des radiations? Si je comprends bien, il s'agit tout simplement d'un rayon gamma qui les traverse?

M. ERRINGTON: Oui.

M. AIKEN: Il ne s'agit pas d'un neutron?

M. ERRINGTON: Non, ce n'est pas un neutron. Ce sont des rayons gamma.

M. AIKEN: Ces rayons pénètrent à travers les pommes de terre sans en altérer la nature?

M. ERRINGTON: C'est un genre de radiation qui ne laisse rien dont on puisse subir de méfaits par la suite.

M. AIKEN: Y a-t-il d'autres légumes que les pommes de terre, sur lesquels vous faites des expériences?

M. ERRINGTON: Nous nous livrons à un bon nombre d'expériences avec la collaboration de la ferme expérimentale ici à Ottawa, car nous avons l'avantage de l'avoir tout près de nous. Avec l'aide des autorités de la ferme, nous avons fait des expériences sur les pommes et sur les poires, en songeant à d'autres avantages. Les oignons ne se prêtent pas très bien à ce genre de traitement car la période de leur mise sur le marché nous en empêche. La chose ne se présente pas de la même façon dans le cas des pommes de terre. Nous avons fait aussi un assez bon nombre d'expériences sur les agrumes et nous avons en outre travaillé de concert avec la Commission des bananes de la Jamaïque, en ce qui concerne le traitement des bananes. Sans doute, il y en a eu d'autres qui ont fait des travaux, et nous en avons fait aussi sur les produits de la pêche, certaines viandes, etc. A ce sujet, je dois dire que, dans le cas du poisson, les conditions sont plus avantageuses du point de vue de la production économique que dans le cas de la viande. Ajoutons que nous pouvons aussi détruire facilement la trichinose du porc grâce au traitement par les radiations.

Bien sûr, à cette étape-ci, la plus grosse partie de ce travail ne vise que les considérations économiques. Prenons le cas des pommes de terre, par exemple; vous savez le prix qu'elles se vendent et l'on ne saurait les vendre beaucoup plus cher la livre. Pour ce qui est de la viande, pour prolonger la durée de sa conservation, on pourrait se permettre de la payer un peu plus cher la livre, mais pas beaucoup plus.

Nous avons aussi fait beaucoup d'essais sur divers produits pharmaceutiques, produits chimiques, et autres, mais la machine dont je parle est destinée pour le moment au traitement des pommes de terre, d'abord, puis des autres légumes et des fruits. Nous avons aussi l'intention d'examiner certains produits de l'industrie de la pêche, surtout dans les Provinces Maritimes.

M. AIKEN: J'ai encore une autre question à poser pour en finir avec ce sujet. Il a été question de faire usage des rayons gamma pour améliorer les textiles. Une expérience de ce genre pourrait-elle avoir des résultats avantageux pour l'économie canadienne?

M. ERRINGTON: Nous avons fait certaines expériences dans le remmaillage du nylon et dans des travaux de ce genre, mais je dois dire que ce travail a été fait en collaboration avec d'autres. On reconnaîtra, je pense, qu'en tirant profit de ces expériences, nous encouragerions probablement les autres, car nous sommes encore assez loin du domaine des textiles. Ce dont il s'agit, dans le projet dont nous avons parlé, c'est de fournir un appareil qui permette de confier le travail aux gens de l'industrie des pommes de terre. Dans le cas des textiles, il s'agirait, si on nous en faisait la demande, de fournir une substance radioactive ou un appareil qui permettrait aux fabricants de textiles de faire le travail.

M. AIKEN: Votre division est prête à fournir conseils et assistance à n'importe quelle industrie privée dans ce genre de production?

M. ERRINGTON: Nous sommes très heureux que les gens nous consultent et nous les aiderons dans toute la mesure du possible.

M. STEARNS: Les rayons gamma pourraient-ils servir à combattre la moisissure dans la pâte de bois?

M. ERRINGTON: Je crois que, du point de vue scientifique, on peut répondre dans l'affirmative mais, du point de vue économique, je ne suis pas sûr des résultats. Dans le cas de la pâte de bois, où la moisissure et les bactéries entrent en jeu, il faudrait des doses considérables pour détruire les champignons, cinq millions d'unités peut-être (5,000,000 R), tandis que cinq ou six mille unités suffisent pour détruire les germes des pommes de terre. Ainsi, dans le cas de la pâte de bois, il faudrait tenir compte encore une fois du point de vue économique.

M. DANFORTH: En ce qui concerne les pommes de terre, je comprends l'importance du facteur économique, mais ce que je voudrais connaître surtout, c'est la méthode que l'on emploie. Peut-on exposer une quantité considérable de pommes de terre d'un même coup aux rayons ou se limiter à un rang à la fois? Le travail d'irradiation se fait-il en un temps déterminé? Je voudrais savoir en quoi consiste effectivement ce procédé, en ce qui concerne les cultivateurs.

M. ERRINGTON: Tout d'abord, pour que le procédé soit économique, il faudrait que l'appareil fût installé dans un entrepôt ou à un endroit où l'on pût manipuler une grande quantité de pommes de terre. L'équipement d'essai que nous sommes en train de mettre au point et qui, nous l'espérons, sera prêt cette année à l'époque de la récolte des pommes de terre,—et je dis «nous espérons» de propos délibéré,—sera installé sur une remorque de façon à être mobile. Nous savons que cet équipement ne sera pas rentable. On pourrait peut-être le comparer au réacteur NPD, à Rolphton. Ce dernier n'avait pas été conçu de façon

à produire de l'énergie avec économie, comme ce sera le cas du réacteur CANDU. L'appareil à irradiation pour pommes de terre dont il est question ici ne sera pas rentable non plus.

Cet appareil, toutefois, traitera les pommes de terre par irradiation grâce à un transporteur à seaux; ces seaux contiendront un peu moins d'un boisseau de pommes de terre. Ainsi le procédé ne sera pas continu, mais intermittent. Le transporteur amènera d'abord un seau puis, au bout de cinq ou dix secondes, il en amènera un deuxième, et ainsi de suite. Les seaux passeront au-dessus ou autour de la source d'irradiation, de façon à recevoir les rayons qui émanent des deux côtés à la fois. Le mouvement sera donc plus ou moins continu, mais le transporteur dont on fera usage dans ce premier appareil sera à action intermittente. Si cet équipement se révèle satisfaisant, l'appareil qu'on construira plus tard sera peut-être inamovible, au lieu d'être sur remorque, et sera probablement pourvu d'un transporteur à action continue.

L'appareil pourrait aussi être muni d'une courroie transporteuse et les pommes de terre seraient ainsi transportées au moyen de la courroie; on pourrait aussi utiliser un transporteur à godets. C'est tout simplement une question de construction.

M. DANFORTH: Puis-je m'écarter un peu du sujet un moment, tout en m'en tenant à la question de l'agriculture? On nous a dit qu'il y aurait peut-être moyen de faire des expériences dans le domaine de la lutte contre les insectes, et la lutte préventive contre les insectes est très importante en agriculture. Est-ce que le traitement par irradiation pourrait être utilisé à cette fin?

M. ERRINGTON: Nous avons parlé l'autre jour, lors de notre visite à la Division des produits commerciaux, du travail qui se poursuit en ce qui a trait à la chrysoomyia, que l'on trouve aux États-Unis et aux Antilles. C'est là un exemple de ce dont vous parlez.

Fort heureusement, la femelle de cet insecte ne s'accouple avec le mâle qu'une fois par année. Au moyen des rayons gamma, on a stérilisé des millions de chrysoomyias mâles puis, d'un avion, on les a libérés au-dessus d'une vaste étendue de pays. Les mâles se sont accouplés avec les femelles, mais comme ils étaient stériles, il n'y a pas eu de reproduction. De cette façon, on a virtuellement fait disparaître la chrysoomyia dans le sud-est des États-Unis.

Je crois aussi qu'à l'établissement de Summerland, en Colombie-Britannique, on a installé un de nos éléments gamma, grâce auquel on fait des expériences dans le domaine de l'irradiation. Je crois qu'on y travaille dans ce sens-là, mais qu'on envisage le problème différemment puisqu'il s'agit de la pyrale des pommes. Je sais aussi qu'on fait des expériences en ce qui concerne le dacus, sorte de mouche qu'on trouve en Grèce, et qu'en employant les radio-isotopes comme traceurs, on a inventé des procédés pour détruire les insectes et pour accomplir tel ou tel travail relevant du domaine agricole.

Il y aurait moyen, bien entendu, de se servir d'un appareil du genre de celui qui sert à faire le traitement des pommes de terre par irradiation pour faire le traitement des céréales en vue d'exterminer certains insectes, comme le charançon mais, là encore, le facteur économique entre en jeu. Un problème se pose, celui du marché aux céréales; les céréales ne se vendent pas très cher et l'on ne saurait faire de dépenses considérables en ce domaine. Je pense qu'un appareil qui servirait au traitement par irradiation des céréales, en vue de détruire le charançon et les autres insectes nuisibles, serait utilisée d'abord dans les pays chauds, où la moyenne de détérioration est plus élevée que dans notre pays.

M. DANFORTH: J'ai encore une question d'ordre général à poser. Nous avons pu observer, au cours de la visite que nous avons faite de votre usine et de vos laboratoires, qu'il s'agit là d'un travail de recherches continu et je voudrais vous demander s'il y a d'autres matières qui font l'objet de vos expériences.

Quelles relations de travail y a-t-il entre le ministère de l'Agriculture et le service des recherches atomiques, de façon que celui-là puisse tirer parti des éléments et des procédés découverts par celui-ci? Je m'inquiète fort à la pensée que l'agriculture pourrait traîner de l'arrière pour ce qui est de l'utilisation des nouvelles méthodes. Quel genre de rapports a été établi entre les deux ministères?

M. ERRINGTON: Je ne crois pas que nous ayons de rapports officiels. Nous sommes tenus en étroites relations avec les membres du personnel de la Ferme expérimentale, vu que nous sommes situés à proximité les uns des autres. Si un problème vient à se poser et qu'ils croient que l'usage des radio-isotopes pourrait leur être de quelque utilité et que nos expériences en matière de radiations pourraient leur servir, ils font appel à nos services. Dès que nous pouvons leur aider de quelque façon, nous nous mettons en relation avec eux. Il en va de même lorsqu'il s'agit des gens de la Santé et nous travaillons en collaboration avec leurs différents laboratoires. Nous avons appliqué le traitement par irradiation à de nombreux virus, mais je crains de ne pouvoir vous donner ici de détails d'ordre biologique.

Nous avons accompli une foule de petits travaux dont quelques-uns se révéleront peut-être très utiles. Je pense qu'il y a de dix à vingt nouveaux sujets d'expérience par semaine; certains nous ont présenté différents genres de virus, de produits pharmaceutiques, et le reste, qu'ils nous ont demandé de stériliser.

M. DANFORTH: Puis-je exprimer ma pensée d'une autre façon? Existe-t-il un service ou un organisme dont le travail consiste uniquement à proposer des applications de ces éléments et procédés dans l'industrie canadienne?

M. GRAY: Il n'y en a pas à l'*Atomic Energy of Canada Limited*. Vous voulez savoir si notre organisme possède un service de ce genre?

M. DANFORTH: Savez-vous s'il existe un service de ce genre?

M. GRAY: Je ne sais pas si le ministère de l'Agriculture en a.

M. DANFORTH: Mais dans le cas de n'importe quelle industrie, de l'agriculture, par exemple, entre autres industries canadiennes, existe-t-il un organisme ou un service à objet bien défini, soit à l'*Atomic Energy of Canada Limited* soit au gouvernement, qui mette l'application directe des découvertes de tous genres, en matière d'énergie atomique, en corrélation avec l'industrie, ou si ce travail se fait au petit bonheur?

M. GRAY: Je ne crois pas que ce soit laissé au hansom à ce point-là, mais ce l'est peut-être d'une façon générale. Les industries ou les ministères du gouvernement qui obtiennent la corrélation voulue et que réussissent à faire usage des matières en question, y parviennent grâce à leurs organismes de recherche. Un établissement industriel aura par exemple à son service un homme de science qui se tient au courant des progrès scientifiques. L'exposé des applications scientifiques est d'ordinaire publié par les hommes de science qui font usage pour la première fois des radiations dans le domaine biologique ou dans le domaine agricole. Ainsi, M. Spinks a accompli un travail considérable à l'Université de la Saskatchewan, il y a une dizaine d'années, en employant dans ses travaux sur l'agriculture des matières radio-actives comme traceurs et comme véhicules de rayonnement. Ces travaux sont publiés dans les revues scientifiques. On les trouve dans les bibliothèques qui se spécialisent en ouvrages scientifiques; ils éveillent l'attention des hommes de science des divers ministères du gouvernement ou de l'industrie. S'il arrive que ces derniers manifestent un intérêt particulier à l'égard de ces travaux, c'est à ce moment-là d'ordinaire que nous apportons notre concours. Ils désirent un iode d'une genre particulier ou encore du phosphore 32. C'est alors qu'ils s'adressent à notre division des produits commerciaux et que nous étudions l'usage du produit, la façon dont le travail se fera, le genre d'isotope qu'ils désirent et son intensité de rayonnement. C'est dans des occasions de ce genre que l'on collabore vraiment à notre travail.

M. BEST: Je pense, monsieur le président, que c'est sûrement là un fait qui aura son importance, tant que le service de nouvelles de l'*Atomic Energy of Canada Limited* suffira à ce travail. D'ordinaire, ce sont les hommes de science curieux des progrès scientifiques qui manifestent de l'intérêt dans ce domaine. Il arrive toutefois que ce problème se pose dans divers services de recherche du gouvernement relativement à l'administration et tantôt il y a collaboration, tantôt cette collaboration fait défaut.

Puis-je poser quelques questions à M. Errington? Nous avons visité votre division, la semaine dernière, M. Aiken et moi. J'essaie de me souvenir de certains commentaires que vous avez faits à cette occasion, au sujet des effets nocifs que peuvent avoir les radiations sur les aliments et les produits alimentaires. A mon avis, cette possibilité n'entre pas en ligne de compte de façon directe en ce qui a trait aux rayons gamma, mais quelqu'un avait exprimé des doutes à ce moment-là au sujet de certaines expériences pratiquées aux États-Unis dans le domaine de l'application. S'agissait-il, radiations mises à part, du genre de décomposition des protéines essentielles des produits alimentaires?

M. ERRINGTON: Il arrive que l'on obtienne des résultats peu satisfaisants, surtout quand on irradie à grande intensité des denrées alimentaires. Ainsi, une brasserie de l'Ontario a entrepris de pasteuriser de la bière par irradiation. Je n'ai pas goûté ce produit, mais je crois comprendre qu'une fois l'opération terminée, la bière n'avait plus goût de bière; les producteurs n'ont par conséquent pas renouvelé l'expérience. Dans le cas de certains produits, le lait, par exemple, si on tente de le pasteuriser par irradiation, le goût en est un peu modifié car on l'expose à une dose beaucoup plus forte que celle dont nous avons parlé.

M. BEST: Le public s'intéresse beaucoup à ces questions, j'en suis sûr. Pourriez-vous faire, à ce sujet, une déclaration qui aurait une plus grande portée, sur les dangers que présentent les modifications apportées, sur le danger de radioactivité?

M. ERRINGTON: Il n'y a aucun danger.

M. BEST: Il y a décomposition de la structure naturelle des aliments.

M. ERRINGTON: On note certains effets d'ordre physique qui, dans le cas du lait, modifient le goût et, si l'on traite la viande assez longtemps par irradiation, certains prétendent que le goût en est changé; d'autres disent que non. Je ne suis pas juge en matière de goût, mais j'en ai mangé; elle avait pour moi le même goût que la viande non traitée.

M. BEST: Néanmoins, il est impossible, n'est-ce pas, que le fait de consommer des aliments irradiés produise des effets nocifs directs chez les êtres humains?

M. ERRINGTON: L'homme n'absorbera aucune radioactivité ni de substance radio-active en mangeant des aliments traités par irradiation mais, s'il mange des aliments que l'irradiation a pu gâter, il aura peut-être des douleurs d'estomac.

M. BEST: Vous parlez d'augmenter la durée de conservation de la viande. Il peut arriver que l'altération se produise pendant quelques semaines et la viande pourrait acquérir un mauvais goût au bout de quelque temps. Vous faites mention du facteur prix coûtant au sujet de la manutention de produits bon marché comme les céréales et les pommes de terre. Croyez-vous que ce soit le genre d'appareil qu'il faudrait pour traiter une grande quantité de pommes de terre ou une grande quantité de céréales qui serait la première considération plutôt que le coût des rayons gamma?

M. ERRINGTON: Ce serait le modèle des appareils, en particulier des appareils destinés à réduire la main-d'œuvre et à maintenir l'immobilisation à un bas niveau. Ces machines ne serviraient que durant quelques mois de l'année, à

moins qu'on ne les emploie dans une région où elles pourraient servir au traitement par irradiation d'un autre produit en morte-saison; ainsi l'amortissement du matériel porterait sur douze mois de l'année alors que les machines seraient au repos pendant huit mois environ.

M. BEST: Dans le cas des pommes de terre, faut-il considérer le facteur du volume ou de la densité des tubercules à irradier ou la distance de la source de rayonnement? Est-ce que ce sont là deux facteurs dont il faudrait tenir compte: la distance de la source de rayonnement et l'épaisseur de la matière à irradier?

M. ERRINGTON: Ce sont des facteurs dont il faut tenir compte et, naturellement, dans le dessin des appareils, on connaîtra de façon à peu près exacte la distance à laquelle les pommes de terre devront être de la source d'irradiation. D'ordinaire, lorsqu'il s'agit d'une application de ce genre, comme l'irradiation se fait dans tous les sens, on veut la capter sur une aussi grande étendue que possible. Dans le procédé dont il s'agit ici, la source de rayonnement sera à l'intérieur de la machine et les produits qui seront soumis à l'irradiation en feront le tour. De cette façon, un côté de la boîte se trouve exposé davantage aux rayons et quand la boîte passe de l'autre côté de la machine, c'est l'autre face qui reçoit à son tour une plus grande partie des rayons. On atteint de la sorte une bonne moyenne. Lorsqu'il s'agit d'un emploi de ce genre, du moment que l'irradiation atteint de 6,000 à 10,000 R, cela suffit pour empêcher la germination, et l'intensité n'a pas ici une très grande importance; 20,000 R donneraient d'excellents résultats. On s'efforce de garder la charge au niveau le plus bas possible mais il faut tout de même qu'elle soit assez forte pour empêcher la germination.

M. BEST: Pourriez-vous expliquer brièvement les différents procédés employés pour empêcher la germination, pour lesquels on se sert d'une source d'irradiation à un certain degré, et les procédés à action radicale où la puissance résultat est plus difficile à atteindre.

M. ERRINGTON: Je n'en suis pas sûr; je dirai toutefois que, dans le cas des pommes de terre, on arrive à faire disparaître presque entièrement les pousses à l'état embryonnaire. Je ne suis pas spécialiste en la matière, mais au moyen d'une charge d'environ 20,000 R par exemple, je crois que l'on pourrait empêcher toute germination. Moyennant 10,000 R, on pourrait obtenir un résultat de 99½ p. 100. Dans le cas de la moisissure, la charge devra être plus considérable car les bactéries sont plus difficiles à exterminer; je ne sais si c'est l'humidité que renferme la pomme de terre ou un autre facteur qui intervient, mais le résultat est plus difficile à atteindre.

M. BEST: Je ne sais trop s'il s'agit ici d'une position fixe ou d'un arrêt de transmission, ou de quelque chose du genre, plutôt que d'une transmission partielle.

M. ERRINGTON: Peut-être; je ne suis pas sûr de la méthode que l'on emploie. Ce qui compte surtout, c'est que l'on obtienne des résultats.

M. BATTEN: Faut-il en déduire que le traitement ne serait pas nécessaire dans le cas des pommes de terre de semence?

M. ERRINGTON: C'est juste.

M. BATTEN: Il ne s'applique que dans le cas des pommes de terre de table?

M. ERRINGTON: Oui, on ne l'appliquerait pas aux pommes de terre de semence.

M. BATTEN: Croyez-vous, en ce qui concerne le traitement par irradiation des pommes de terre, que le public réagirait de la même façon qu'il l'a fait à l'égard de la fluoration de l'eau?

M. ERRINGTON: Peut-être. Le public réagit d'ordinaire lorsqu'il est question de faire usage de procédés chimiques. Actuellement, le traitement chimique des pommes de terre en vue d'empêcher la germination se pratique. Certains pays ne permettraient pas toutefois que l'on recoure à un traitement chimique pour

empêcher la germination; la France, entre autres, ne permettra pas chez elle l'emploi d'une telle méthode. C'est une question d'opinion. Je crains que les maîtresses de maison ne mettent quelque temps à se décider à faire usage de pommes de terre qui ont subi le traitement par irradiation. Quant à moi, je n'hésiterais pas.

M. BATTEN: Dans le cas du poisson, quels résultats compteriez-vous atteindre avec le traitement par irradiation?

M. ERRINGTON: Ce traitement permet de conserver le poisson beaucoup plus longtemps, mais je ne sais pas si ce serait avantageux du point de vue économique. Nous avons bon espoir. Les Américains ont lancé un programme considérable. Ils l'ont d'abord entrepris dans les services des magasins militaires et ont dépensé 7 à 10 millions pour des installations, à Stockton, Californie. On y a mis fin dans la suite. Le projet avait été mal conçu et ce n'est pas étonnant qu'on ait dû l'abandonner. Les Américains lancent maintenant plusieurs programmes de moins grande envergure en divers endroits. Trois de ces programmes seront mis en œuvre en Californie et trois autres en Nouvelle-Angleterre. En Nouvelle-Angleterre, on s'occupera surtout des produits du poisson; en Californie, je crois qu'on s'intéressera surtout au traitement des fruits et des légumes et de certains genres de poisson.

Je suis sûr qu'ils ont fait plus de recherche que nous sur le poisson et qu'ils sont d'avis qu'il y a moyen d'améliorer les conditions de transport et d'entreposage du poisson frais.

M. BATTEN: Avez-vous étudié suffisamment l'aspect économique de la question pour pouvoir préciser, en tenant compte du prix de l'outillage, la quantité de pommes de terre qu'il faudrait traiter en une saison pour que l'entreprise soit rentable?

M. ERRINGTON: Je ne saurais vous citer de quantité précise mais, si l'on considère le genre de légumes que l'on cultive dans certaines régions, dans les Provinces Maritimes, par exemple, et surtout dans le Nouveau-Brunswick, où la population a collaboré généreusement à notre travail, la quantité de pommes de terre est assez considérable pour nous permettre de prévoir un prix de 10 à 20 cents le boisseau. Nous espérons en arriver à des chiffres moins élevés. On peut songer à des chiffres de cet ordre pour l'immédiat ou dès qu'une machine de grand rendement sera fabriquée.

M. BATTEN: Quelle quantité de pommes de terre faudrait-il, à votre avis, dans une région donnée, pour que l'on installe une machine dans ladite région?

M. ERRINGTON: Je pense que le débit serait d'environ 20,000 livres par heure.

M. BATTEN: Si je pose cette question, c'est que je viens de Terre-Neuve et qu'il y a une région dans la partie ouest de l'île où la production de pommes de terre est considérable. Il faudrait toutefois parcourir une bonne distance avant de trouver une autre région à forte production. Je me demande si l'on pourrait nous dire quelle quantité de pommes de terre serait requise dans une région donnée pour que l'on puisse y faire fonctionner une machine de ce genre durant une saison?

M. ERRINGTON: Je ne sais si je dispose de chiffres précis à ce sujet. Je pense que ce chiffre pourrait atteindre environ vingt millions de livres. Je devrais parler de boisseaux et de barils pour ceux qui s'intéressent à l'industrie des pommes de terre. Je n'ai pas de nombre précis. Je pense qu'il faudrait plus de vingt millions de livres de pommes de terre à traiter à une période donnée. Je peux me tromper.

M. DRYSDALE: J'ai une question supplémentaire à poser. M. Errington a fait remarquer à M. Batten que l'on ne pouvait se servir des pommes de terre

traitées par irradiation comme semence, mais d'après ce qu'on lit ceci, il s'agit d'un appareil ayant pour objet d'empêcher la germination. Qu'arriverait-il si l'on plantait une pomme de terre qui aurait subi ce traitement?

M. ERRINGTON: Je pense qu'elle sécherait tout simplement, ou qu'elle ne produirait rien.

M. DRYSDALE: Il ne s'agit plus là d'empêcher la germination, mais de tuer le germe du tubercule. Arrive-t-on toujours à ce résultat, quelle que soit la puissance d'irradiation employée? L'expédition des pommes de terre, par exemple, se fait-elle sans que l'on tienne compte de la quantité d'irradiation employée?

M. GRAY: M. Errington a fait remarquer que la puissance exigée était d'environ 6,000 R. Il faut une dose de 6,000 R pour empêcher une pomme de terre de germer durant l'année. Avec une dose de 6,000 à 10,000 R, on réussit probablement à anéantir le germe. Aussi, je suis sûr qu'il n'y a pas un producteur de pommes de terre de semence qui planterait une pomme de terre soumise à une irradiation de plus de 6,000 R. Si l'on faisait usage d'une dose de 50 R, la différence ne serait probablement pas appréciable.

M. DRYSDALE: Une dose de 6,000 R constituerait donc un critère. Si l'on voulait empêcher la germination pendant une période de moins d'un an,—les pommes de terre mettent moins d'un an à pousser,—la période envisagée serait alors d'environ trois mois.

M. GRAY: Si l'on tient compte du point de vue économique, je pense qu'il n'y a pas lieu de songer à un traitement de ce genre. Les pommes de terre que l'on destine à la semence ne doivent pas être soumises au traitement par irradiation.

M. BEST: Je pense qu'il existe déjà une autre méthode d'empêcher la germination, soit par procédé chimique soit par régularisation de la température.

M. AIKEN: On nous a fait connaître ce matin plusieurs genres de travaux de recherche entrepris par l'*Atomic Energy of Canada Limited*. Quelle place le Canada occupe-t-il, par rapport aux autres pays, en ce qui a trait à la mise en valeur de ses produits commerciaux? Est-il bien avancé dans le domaine de l'utilisation pacifique ou des usages commerciaux?

M. GRAY: Vous songez aux isotopes radio-actifs plutôt qu'à l'énergie nucléaire?

M. AIKEN: A l'irradiation.

M. GRAY: Il n'y a pas de doute qu'en certains domaines, nous avons devancé tous les autres pays, dans l'usage du cobalt 60 comme dans l'exploitation du marché du cobalt 60. Grâce à l'usage de ce produit que nous avons suscité dans les différents pays, nous nous sommes assurés la plus grande partie du commerce en ce domaine: quatre-vingt-dix pour cent du marché mondial du cobalt?

M. ERRINGTON: Peut-être pas 90 p. 100.

M. GRAY: Probablement 90 p. 100 en dehors des États-Unis. Dans ce domaine, par conséquent, il n'y a pas de doute que nous sommes au premier rang. Il y a toutefois certains isotopes que l'on obtient en séparant les substances radio-actives des produits de la fission, le césium par exemple. Comme nous ne soumettons pas notre combustible radio-actif au traitement chimique, nous ne disposons pas de ces produits de fission en vrac. Nous en avons déjà eu. Nous avons effectivement conçu et construit un laboratoire pour traiter ces produits, mais ce n'était pas une entreprise rentable. Ces matières nous viennent maintenant, pour la plus grande partie, de l'Angleterre et des États-Unis et elles peuvent servir dans les domaines où l'on fait usage des produits de la fission. Nous ne sommes pas à l'avant-garde en cette matière. Nous vendons ces produits. Nous achetons le césium en vrac du Royaume-Uni ou des États-Unis

pour fins de vente, afin de pouvoir le mettre à la disposition du public canadien mais ce césium n'est vraiment pas un produit canadien. M. Errington voudra peut-être en dire plus long sur ce sujet.

M. ERRINGTON: Je crois que cela est tout à fait juste et que c'est, en ce qui nous concerne, une bonne raison pour ne pas produire de matières comme le césium au Canada. Il serait peut-être juste de dire que le prix du césium aux États-Unis est bien subventionné. Le césium n'est pas très employé au Canada et il nous en coûterait cher pour établir une usine de séparation du césium. Je suis à peu près sûr que la quantité de césium employée au Canada dans un an ne représente que quelques milliers de dollars et je crois bien qu'il nous en coûterait des millions pour séparer ce métal.

M. PITMAN: Dans quelle mesure le monde des affaires au Canada a-t-il été informé de ces expériences et de l'ampleur de ces travaux? Par exemple, vous tenez-vous en relations étroites avec les producteurs de denrées alimentaires, producteurs de lait et autres? Ces derniers sont-ils tenus suffisamment au courant des progrès pour que vous puissiez être en très bons rapports avec eux, lorsque le moment viendra d'utiliser pleinement ces produits sur le plan commercial? C'est à ce moment-là que vous voudrez d'étroites relations avec les producteurs. Est-ce qu'on les tient suffisamment au courant des progrès?

M. ERRINGTON: Nous renseignons les gens autant que nous le pouvons. Je crois avoir déjà dit qu'un bon nombre de clients puisent leurs renseignements dans des revues scientifiques ou autres. Si certaine recherche que nous pratiquons est d'importance et que, pour quelque raison, nous ne la considérons pas comme confidentielle, nous la faisons publier. Les recherches qui se poursuivent dans les universités et dans les autres laboratoires de par le monde font l'objet de communications. Il y a des milliers et des milliers de journaux ou de revues techniques qui traitent de l'utilisation des isotopes. Je suis d'avis que les personnes qui bénéficient de ces renseignements se tiennent assez bien au courant des possibilités qui existent pour elles. En ce qui concerne le programme d'expériences relatif aux pommes de terre, nous en avons parlé avec un bon nombre de personnes qui nous ont dit qu'elles seraient heureuses de collaborer en soumettant, à titre d'expérience, certaines quantités de pommes de terre au traitement par irradiation cet automne.

M. PITMAN: C'est justement ce que je me demandais. Pourriez-vous me dire, par exemple, s'il y a des entreprises laitières au Canada qui font usage d'isotopes dans la pasteurisation du lait?

M. ERRINGTON: Non, il n'y en a pas et cette méthode de pasteurisation du lait ne donne vraiment pas des résultats satisfaisants. Elle permet de pasteuriser le lait, mais le goût du lait n'est pas le même et je crois que c'est une méthode qui coûte plus cher que celle où l'on utilise l'eau chaude ou la chaleur.

M. PITMAN: Outre les pommes de terre, y a-t-il d'autres légumes qui, à votre avis, devraient faire l'objet de l'expérience dont nous avons parlé?

M. ERRINGTON: Du point de vue technique, on pourrait sûrement en faire l'essai sur les oignons. On pourrait l'appliquer aux carottes. Je ne sais pas ce qui en serait au point de vue économique. On pourrait l'appliquer aux navets et à d'autres légumes qui germent et dont la germination pose un problème.

M. PITMAN: Je songe au problème de communication des connaissances scientifiques aux personnes qui n'ont pas d'intérêt pour la science. Je doute, par exemple, que parmi les producteurs d'oignons il se trouve quelqu'un qui soit capable de lire une communication scientifique de l'un de vos savants hommes de science. Je suis d'avis que ce qui importe, c'est de vulgariser ces connaissances et de les utiliser sur le plan commercial. Connaissez-vous une personne dont la fonction consiste principalement à mettre la recherche scientifique à la portée de tous?

M. GRAY: Voulez-vous parler de la division des produits commerciaux?

M. PITMAN: Oui.

M. GRAY: A la fin de votre visite à la Division, nous vous avons montré un tableau des brochures publicitaires. Je vois que M. Drysdale en a quelques exemplaires. Cette division de notre société diffère du reste. C'est la division des produits commerciaux. On s'y efforce de trouver de nouveaux moyens d'utiliser les isotopes et dès que l'on voit la possibilité de faire usage d'un isotope dans le commerce, on s'empresse de le publier de par le monde. Aussi, nous publions un bon nombre de brochures qui se lisent assez facilement.

M. PITMAN: C'est à cela que je songeais.

M. GRAY: Cette partie de notre travail est bien organisée et sera vraisemblablement mise à profit si on en voit la possibilité.

M. DANFORTH: Je voudrais poser une question, qui pourrait servir dans le compte rendu à dissiper les craintes de la maîtresse de maison et d'autres en ce qui a trait à ce traitement par irradiation. Ma question comprend deux parties. Voudriez-vous tout d'abord m'expliquer ceci: pourquoi un élément exposé au rayonnement et à un bombardement de neutrons peut-il capter les rayons gamma et servir de véhicule à ces derniers tandis qu'un autre produit, le cobalt par exemple, exposé aux rayons gamma, ne sert pas comme véhicule? Ai-je raison de supposer que le fait d'exposer des pommes de terre aux rayons gamma tend effectivement à tuer les tubercules? Ai-je raison de croire que, si l'on entreposait des pommes de terre traitées par irradiation avec d'autres pommes de terre, elles n'auraient aucun effet sur les pommes de terre non traitées? Ai-je raison de croire cela?

M. ERRINGTON: Oui, vous avez raison en effet.

M. DANFORTH: Pouvez-vous nous dire pourquoi dans le premier cas, l'élément sert de véhicule et peut propager les rayons tandis que dans le second, il n'y a pas d'effets de ce genre, du moins en ce qui concerne les rayons gamma? Pouvez-vous expliquer le phénomène afin qu'on puisse le lire dans le compte rendu?

M. ERRINGTON: Les deux genres de rayons mentionnés ici diffèrent l'un de l'autre. Les neutrons qui se trouvent dans un réacteur sont des particules; ces particules composent une masse, une masse considérable. Elles viennent en contact avec quelque chose et produisent un changement dans le noyau; c'est ainsi que l'on obtient le cobalt 60. En amorçant un atome de cobalt 59, on modifie effectivement la structure atomique. Le cobalt devient instable, il se change effectivement en cobalt 60, puis il se désintègre et dégage des rayons gamma. Or les rayons gamma sont différents des neutrons. Ils n'ont pas de masse. On les considère comme des ondes plutôt que comme des particules et ils ressemblent vraiment aux rayons du soleil, sauf que la longueur d'onde en est beaucoup plus courte. Aussi lorsque des rayons de ce genre viennent en contact avec certains objets, des pommes de terre par exemple, ils ne sauraient provoquer de radio activité dans ces derniers, tandis que les neutrons, qui ont une masse, exercent leur action sur le noyau de l'atome et peuvent provoquer de la radio activité.

M. DRYSDALE: Cette explication est destinée à la maîtresse de maison et je me demande si on la trouvera assez claire. Peut-on dire d'une pomme de terre non traitée qu'elle a la même valeur nutritive que la pomme de terre traitée par irradiation?

M. ERRINGTON: Oui, nous avons fait des recherches très poussées sur les effets que le traitement peut avoir sur les sucres, sur la fécule, et le reste. Nous avons soumis à la direction des aliments et drogues un long mémoire contenant

des renseignements là-dessus et les gens de ce service, ainsi que d'autres, ont fait de nombreuses recherches afin de s'assurer que ni l'élément féculent ni les autres éléments nutritifs ne subissent d'altération. L'acide ascorbique qui s'y trouve et qui constitue la vitamine C, est légèrement altéré, mais cette altération ressemble d'assez près à celle que produit l'entreposage. D'ailleurs, l'acide ascorbique disparaît presque entièrement au cours de la cuisson.

M. DRYSDALE: Le goût ne change pas?

M. ERRINGTON: Pas dans le cas des pommes de terre.

M. DRYSDALE: Dans le cas de certains produits, un changement de goût indique d'ordinaire une modification de la composition chimique de l'aliment. Voulez-vous dire qu'un changement de goût n'est nullement l'indice de l'altération du produit alimentaire?

M. ERRINGTON: Ce n'en est pas nécessairement un indice. Le changement de goût provient...

M. DRYSDALE: Vous dites que cela n'indique pas «nécessairement» une altération. Pourriez-vous en dire plus long à ce sujet? Je voudrais donner suite à l'idée suggérée par M. Danforth et obtenir des réponses bien précises. Je crois que c'est vraiment une bonne idée que de songer au point de vue de la maîtresse de maison. Vous pouvez imaginer ce qu'une maîtresse de maison dirait en entendant parler d'acide ascorbique et ainsi de suite.

M. ERRINGTON: Pour ce qui est du changement de goût dans un légume ou autre produit alimentaire, je ne sache pas qu'il se produise de changement de ce genre lorsque les radiations sont peu puissantes, comme c'est le cas lorsqu'il s'agit d'empêcher la germination. Il y a moyen d'augmenter la dose des radiations et de stériliser les produits. On pourrait stériliser un morceau de bœuf, le déposer dans un tiroir et l'y laisser un an; il restera mangeable, même sans réfrigération, pourvu qu'il ne soit pas exposé aux bactéries. Il faudrait le garder bien enveloppé dans une enveloppe de matière plastique par exemple, pour qu'il reste stérilisé. Quand on fait usage d'une dose aussi considérable de radiations, soit cinq millions, dix millions, cent millions R, il se produit parfois des effets secondaires, que je ne saurais préciser qui entraînent un changement de goût; ces effets sont attribuables au procédé d'irradiation car c'est ce procédé qui est à l'origine de ces changements, bien que le changement de goût provienne effectivement d'un changement dans la composition chimique du produit alimentaire.

M. DRYSDALE: L'irradiation ralentit d'ordinaire la rapidité d'altération des aliments.

M. ERRINGTON: Elle a l'effet d'un stérélisant.

M. DRYSDALE: Ce qui veut dire que le procédé que l'on désigne sous le nom de détérioration des aliments—j'essaie de trouver un exemple: une pomme qui brunît, ou un phénomène de ce genre; je voudrais trouver le mot juste—en tout cas ce procédé de détérioration se trouve ralenti. Et alors, comme l'on se fie à son sens du goût pour percevoir la détérioration des aliments, on peut s'apercevoir du ralentissement du phénomène. Aurez-vous à décider si un produit alimentaire traité par irradiation a atteint ou non le stade de la détérioration? Autrement dit, puisque l'irradiation modifie le goût des aliments, comment distinguez-vous un changement de goût attribuable à l'irradiation d'un changement de goût accompagnant la détérioration?

M. ERRINGTON: Je peux peut-être répondre à cela en disant que je suis à peu près sûr que nous sommes encore loin du traitement des produits alimentaires que l'on vend dans le commerce, sauf en ce qui concerne les pommes de terre. Nos services des aliments et des drogues, et tout les autres intéressés auront leur mot à dire et il faudra beaucoup de recherche afin d'assurer le bon état

des produits mis en vente. Par conséquent, je ne crois pas que la maîtresse de maison en vienne à devoir goûter les aliments qu'elle achète et à se demander pourquoi le goût en est modifié.

M. DRYSDALE: Il n'y aurait que les pommes de terre qui feraient exception?

M. ERRINGTON: Pour un temps du moins; il reste beaucoup de travail à faire. Aux États-Unis, on dépense des millions et des millions de dollars par année pour des travaux de recherches de ce genre, et l'organisation européenne, l'O.E.C.E., fait des enquêtes poussées en Europe; nous avons collaboré à ce travail. Il y a beaucoup de travail à faire avant que nous entreprenions de stériliser tous nos aliments par irradiation.

M. DRYSDALE: J'ai encore une question à poser. Il y a lieu de faire des suppositions après avoir entendu la description réaliste que vous nous avez faite de la tranche de bœuf enveloppée de plastique que l'on conserverait dans un tiroir pendant un an. Entendez-vous par là que le traitement par irradiation des aliments pourrait peut-être remplacer la réfrigération comme moyen de conservation?

M. ERRINGTON: Il le pourrait, s'il pouvait faire concurrence à la réfrigération sur le plan économique.

M. DRYSDALE: Je voudrais savoir si, en traitant des aliments par irradiation et en les gardant tout simplement à la température de la pièce, de la façon que vous avez décrite en parlant du bifteck, il y aurait moyen de les conserver aussi frais que si on les mettait au réfrigérateur?

M. ERRINGTON: Je ne peux pas promettre que le résultat sera le même.

M. DRYSDALE: Je tente de vous amener à donner des précisions.

M. ERRINGTON: Je suis d'avis que la viande frigorifiée a meilleur goût que celle qui ne l'a pas été. Cela dépend parfois—et plusieurs sont de cet avis—de la durée de la congélation, deux semaines, six semaines ou six mois. Mais je ne sais pas si le goût serait le même après traitement de la viande par irradiation. L'irradiation a pour effet de stériliser la viande et de l'empêcher de se gâter; bien sûr, tout procédé d'irradiation a un effet stérilisant en ce qu'il ralentit l'action chimique qui cause la détérioration. Les deux procédés dont il s'agit ici sont un peu différents. Je ne sais si l'effet est analogue mais il produit des résultats semblables, de sorte que, dans le cas de l'irradiation et de la réfrigération, la durée de conservation se trouvera prolongée. Il y a peut-être encore une différence dans la méthode à employer.

Le PRÉSIDENT: Quel serait le résultat, monsieur Errington, dans le cas des graines de semences de fleurs ou autres?

M. ERRINGTON: Si elles sont exposées assez longtemps au rayonnement, elles ne pousseront pas. On a fait plusieurs expériences en vue de produire de nouvelles variétés de plantes et, à cette fin, on en a irradié un certain nombre pour susciter un changement interne de la graine. Je crois qu'on a obtenu de cette façon une nouvelle sorte de pomme et peut-être de nouvelles variétés de plantes; les résultats ont été tantôt bons tantôt mauvais.

M. DRYSDALE: Y aurait-il moyen d'irradier une grande quantité de semences, du blé par exemple, au moment de la récolte? On pourrait ensemencher et la germination, ralentie, ne commencerait qu'au printemps. A-t-on fait des recherches en ce sens?

M. ERRINGTON: Je ne le crois pas. Il me semble que cela ne serait pas d'un grand secours car, une fois la germination retardée, elle reprendra très difficilement.

M. DRYSDALE: J'aurais voulu simplifier le travail agricole.

Le PRÉSIDENT: Je voudrais signaler une annonce qui a paru dans les journaux et que plusieurs ont lue sans doute, au sujet de ces jardins atomiques. Vous l'avez sans doute vue. Il s'agit de fleurs et de légumes. Comme vous le disiez, il y a un instant, les cellules de reproduction de certaines graines de semence sont modifiées par l'irradiation.

M. DANFORTH: S'agit-il d'un changement de la structure des chromosomiques de la cellule? Est-ce cela que produit le changement?

M. ERRINGTON: Je suppose que c'est le genre de changement dont il s'agit, une mutation.

M. DANFORTH: Puis-je poser une question? Pouvez-vous me dire si l'irradiation même, qui a un effet inhibitif puisqu'elle tue les germes, provoque un changement de nature chimique? Est-ce une brûlure? Quel est au juste, du point de vue physique, cet effet qui empêche la croissance ou qui fait fonction d'agent exterminateur? Qu'est-ce qui se produit réellement? Vous parlez des rayons gamma qui traversent l'objet; quel en est l'effet réel? Est-ce qu'ils brûlent? Sont-ils caustiques? Est-ce qu'ils provoquent un changement de nature chimique dans les cellules? Qu'est-ce qui se produit ou a pour effet d'empêcher la repousse?

M. ERRINGTON: Je ne suis pas sûr de pouvoir vous donner une réponse juste à ce sujet. L'irradiation en pénétrant a l'effet d'un stérilisant sur toutes les plantes et sur tous les animaux.

M. DANFORTH: Elle tue, mais de quelle façon?

M. ERRINGTON: Je ne sais pas au juste; elle empêche l'action reproductrice des cellules; elle a le même effet que la thérapie aux rayons X à haute puissance à laquelle vous vous soumettriez par exemple dans un hôpital. Elle a un effet stérilisant, qu'il s'agisse de personnes, de souris ou de graines de semence. Les rayons X sont analogues aux rayons gamma.

M. AIKEN: M. Errington se ralliera peut-être à l'explication donnée par M. Best, qui est biologiste.

M. DANFORTH: J'ai été frappé par la comparaison qu'on a faite tantôt avec la lumière solaire, et je me demande si une exposition prolongée provoquerait un changement d'ordre physique, une brûlure, par exemple, comme le ferait la lumière solaire.

M. ERRINGTON: Une exposition de longue durée provoquerait sûrement une brûlure grave.

M. GRAY: Si cela vous intéresse vraiment, vous pourriez faire venir le docteur Stewart, qui est le directeur de notre service médical. Il pourrait vous donner une réponse précise.

Le PRÉSIDENT: Qui voudrait parler des retombées radio-actives?

M. GRAY: Des retombées, à quel stade? C'est là un programme de santé publique. A titre de citoyens, nous pouvons tous parler des retombées radio-actives. Nous mesurons la densité des retombées, à l'intention du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social dans un laboratoire à Deep-River, et c'est vraiment là le seul rapport que nous ayons, outre le fait que quelques-uns de nos hommes de science font partie de commissions du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social et de certaines autres commissions du gouvernement.

Le PRÉSIDENT: Je crois, monsieur Gray, que le Comité serait heureux de savoir s'il y a à l'*Atomic Energy of Canada Limited* une division qui, à quelque stade de son travail ou de quelque façon que ce soit, éprouve des difficultés à cause du manque d'argent ou du personnel nécessaire aux travaux de recherche. Y a-t-il un service qui, selon vous, devrait progresser plus rapidement qu'il ne

le fait et qui n'y arrive pas à cause du manque d'argent nécessaire à cet aspect particulier de votre travail? Nous vous prions de dire les choses telles qu'elles sont.

M. GRAY: Je ne crois pas que les crédits nous fassent vraiment défaut. Je vais vous dire de quelle façon nous nous y prenons pour obtenir des crédits. Chacune de nos divisions, chacun de nos services commence, à peu près à ce temps-ci de l'année, à calculer la somme d'argent qui lui sera nécessaire pour la prochaine année financière. Vers le milieu de l'été, ces divisions et services ont fait le total de leurs prévisions budgétaires. Notre division des finances en prend la somme et, au cours de discussions que nous tenons à Chalk-River, notre division des finances et les hommes de science se mettent d'accord sur ce qu'ils veulent vraiment et voient s'il y a double emploi quelque part. Une fois ce travail terminé, on nous présente le rapport, à moi et au conseil. Nous l'examinons et, nous réduisons peut-être un peu ici et là mais, ordinairement, le niveau est raisonnable. Nous présentons alors ce rapport à notre ministre, qui le présente à son tour au Conseil du Trésor. Ce dernier réduit assez souvent les dépenses ici ou là. Sur un total de quarante millions de dollars, il nous enlèvera parfois \$500,000. Il s'efforce de faire la réduction par rapport à un projet particulier, par exemple une nouvelle bibliothèque ou une nouvelle aile à l'un de nos immeubles. Nous nous entendons d'ordinaire de façon qu'il ne supprime aucun crédit. Si le Conseil est d'avis qu'il faut réduire notre budget d'un demi-million de dollars, nos administrateurs préfèrent que cette somme soit soustraite du total et que nous décidions nous-mêmes, s'il y a lieu, quelles entreprises devront faire l'objet des réductions.

Autant que je sache, l'argent ne nous a pas fait défaut au cours des deux ou trois dernières années. Nous recevons suffisamment de crédits. Il faudra augmenter nos crédits désormais, puisque nous allons ouvrir un établissement à Winnipeg; il le faudra, en outre, si le gouvernement entend accroître les travaux de recherche et de mise au point industrielle avec le concours de l'A.E.C.L. Je crois que nous avons assez d'argent pour financer les travaux de recherche et de perfectionnement industriel dans la mesure où ces travaux feront partie de notre programme. Je suis d'avis, toutefois, que, dans l'intérêt du Canada, on pourrait consacrer plus d'argent à la recherche et au progrès industriel, mais je ne suis pas prêt à dire que nous devrions le faire. Je ne crois pas que nous ayons souffert d'un manque de crédits.

M. COATES: J'aimerais, avant que nous poursuivions ce débat, avoir des renseignements d'ordre particulier de M. Errington. Pourriez-vous nous dire précisément dans quelles régions des Provinces Maritimes on veut tenter l'expérience d'irradiation de pommes de terre cet automne?

M. ERRINGTON: Je ne voudrais pas qu'on ait l'impression que ce traitement des pommes de terre est le *nec plus ultra* de notre programme. Nous le considérons ni plus ni moins comme l'un de nos nombreux travaux et c'est sûrement à ce titre que nous l'entreprendrons.

Je ne pourrais pas vous dire exactement à quel endroit se fera le travail. On compte, je crois, environ une dizaine de demandes de la part de gens du Nouveau-Brunswick qui sont désireux de voir lancer l'entreprise. Ce sont des producteurs commerciaux, des gens qui s'occupent d'entreposage ou qui travaillent dans des domaines où se fait la transformation des pommes de terre. Il y a aussi plusieurs endroits dans l'Île du Prince-Édouard. A cause de raisons d'ordre géographique, je ne crois pas que nous ayons fait des projets en vue de transporter à Terre-Neuve l'outillage nécessaire aux expériences. Je pense qu'il y a aussi un ou deux endroits en Nouvelle-Écosse, mais nous irons sûrement au Nouveau-Brunswick, car les expériences ont suscité là un intérêt considérable. Nous connaissons aussi deux ou trois endroits de l'Ontario où nous désirons faire des essais. Si la machine est prête cet automne, notre programme consistera simplement à faire des démonstrations ici et là, en traitant quelques tonnes de

pommes de terre, afin que les producteurs puissent juger du travail que peut accomplir l'appareil. Ces producteurs entreposeront ensuite des pommes de terre de la façon qui leur conviendra et verront plus tard s'ils ont les moyens de se procurer un appareil de ce genre.

M. DANFORTH: Puis-je poser encore une question dans le même ordre d'idées? Vous parlez du point de vue économique et du coût élevé. Je me demande s'il serait possible et pratique d'employer un tel procédé dans le cas d'une récolte de produits de luxe. Je songe, par exemple, à une récolte de fraises dont le prix peut atteindre cinquante cents la chopine. Prévoyez-vous qu'on puisse employer cette méthode pour traiter les fraises et en augmenter la durée de conservation en vue d'en répartir les ventes sur une plus grande étendue? Ainsi, je viens d'une région productrice de fruits et il nous est extrêmement difficile d'expédier nos fruits aux provinces de l'Ouest ou à d'autres régions du Canada. Y aurait-il moyen, en faisant des recherches dans ce domaine, de prolonger la durée de conservation des fruits frais en vue d'une plus grande diffusion des ventes?

M. ERRINGTON: Il y aurait moyen mais, dans le cas des fraises, je pense que la détérioration se manifeste sous forme de moisissure. Ici encore, je parle de choses que je ne connais pas, mais j'ai idée qu'il s'agirait encore ici de doses très élevées. Bien des choses sont possibles. Avec le concours de la ferme expérimentale ici, nous avons fait des expériences sur des pommes et nous avons découvert que l'on peut provoquer la formation d'une moisissure de surface d'un genre particulier et d'autre part prévenir la formation d'une certaine pourriture du cœur dans une pomme d'une espèce particulière. Cette décomposition se produit autour du cœur mais ne se manifeste pas à l'extérieur.

J'ignore quelles expériences l'on peut faire avec les fraises. On a entrepris un certain travail en Californie et les Américains font aussi des expériences sur le raisin. Mais je ne sais même pas quel est le but de leur travail; je sais tout simplement qu'ils font des recherches en cette matière.

M. DANFORTH: Ai-je raison de supposer que, quels que soient les éléments que vous exposez au réacteur, vous aurez toujours le rayon gamma comme l'un des produits? Voici ce à quoi je veux en venir: est-il possible que, grâce à l'emploi de quelque autre élément, un autre rayon que le rayon gamma puisse être employé à l'avenir pour des fins particulières, pour ajouter par exemple une dose légère permettant de maîtriser certains genres de moisissures et d'excroissances malades?

M. ERRINGTON: Il est peu probable que l'on découvre d'autres genres de rayons. On connaît les rayons bêta et les rayons alpha qui apparaissent dans divers genres d'isotopes, mais il est peu probable que nous en trouvions de nouveaux. Les rayons bêta ont des emplois divers mais très spécialisés; ces rayons ne sont pas très pénétrants et on peut les arrêter au moyen d'un tissu mince. Dans le cas des rayons alpha, une mince feuille de papier empêchera les rayons de pénétrer. Dans le cas des rayons bêta, il faudra employer environ un pouce d'épaisseur d'une matière mince et compacte comme l'acier; quant au rayon gamma, il pénètre à travers les objets.

M. DANFORTH: Mais ce sont là les trois rayons principaux, quels que soient les objets dont on se sert pour les expériences? Vous êtes d'avis que, quels que soient les travaux que l'on entreprenne à l'avenir, il faudra toujours travailler avec ces trois genres de rayons?

M. ERRINGTON: Je crains qu'il nous soit difficile d'en trouver un autre.

Le PRÉSIDENT: Monsieur Errington, je me pose certaines questions au sujet de la faune aquatique. Je songe à la lamproie. On a déjà tenté d'exterminer la lamproie au moyen de barrages électrifiés. Ma question vous semblera peut-être étrange, mais a-t-on fait des expériences ou est-il question d'en faire en

ce qui a trait à la suppression de certaines formes de vie dans les eaux ou sur les fonds sous-marins, au moyen d'irradiations ou de certaines autres méthodes de ce genre que vous connaissez?

M. ERRINGTON: Des expériences ont été faites sur des choses particulières ayant trait à l'eau, mais pour s'attaquer aux lamproies, il faudrait que l'eau où elles vivent soit amenée près de la source de rayonnement ou bien que ladite source soit transportée près de l'eau. La quantité d'eau dont il s'agit ici, dans des lacs d'une grande étendue, est énorme.

Le PRÉSIDENT: Je parle de cours d'eau. Vous savez qu'on a découvert un produit chimique; de fait, la société Dow Chemicals a mis au point un produit chimique qu'elle a répandu dans l'eau et ce produit est descendu à un pied ou deux sous l'eau, atteignant l'habitat des jeunes lamproies. Il ne s'agit pas ici de lacs ni d'une grande étendue d'eau.

M. GRAY: Je fais remarquer que s'il s'agissait d'un cours d'eau d'une vingtaine de pieds de large, ce qui est peu considérable, même dans le cas de Sarnia, il vous faudrait une source de rayonnement capable de couvrir toute cette étendue, donc une source d'une vingtaine de pieds de long. Cela exigerait une très grande quantité de cobalt ou d'autre matière. L'eau absorbe facilement les rayons gamma ou autres. Vous savez que nous conservons notre combustible, qui est la source la plus considérable de rayons gamma, sous dix ou douze pieds d'eau, et c'est à peine si l'on peut discerner du rayonnement à la surface de l'eau. Aussi n'y a-t-il pas moyen d'atteindre une très grande profondeur dans l'eau avec les rayons gamma. Je ne crois pas que cela soit possible.

Le PRÉSIDENT: A-t-on d'autres questions à poser?

M. DRYSDALE: Monsieur le président, puis-je passer à un autre sujet, soit à l'énergie atomique? Je voudrais parler tout d'abord de la centrale NPD, que nous avons visitée. Il existe un accord tripartite entre l'*Atomic Energy of Canada Limited*, la Commission d'énergie hydro-électrique de l'Ontario et la *Canadian General Electric*. Je crois que vous avez déjà signalé les contributions mais vous pourriez peut-être corriger mes chiffres. La contribution de l'*Atomic Energy of Canada* est-elle de \$21,652,000 et celle de l'*Ontario Hydro*, de \$8,589,000? Vous avez dit que la *Canadian General Electric* contribuait deux millions de dollars au paiement de ces dépenses. Pourquoi? Était-ce sous la forme d'un don et en vue de recevoir davantage du projet CANDU? Est-ce là ce qu'il faut comprendre?

M. GRAY: Cela constitue peut-être la base de sa proposition de deux millions de dollars, mais il ne s'agissait pas d'un don.

M. DRYSDALE: Je tiens à dire que j'ai recueilli ces chiffres à la page 9 du manuel. Le total s'en élève à \$32,250,000.

M. GRAY: C'est exact, mais si vous lisez les détails, vous verrez qu'il y a une contribution de deux millions pour le coût des travaux de génie. C'est une contribution de deux millions de la part de la *Canadian General Electric*, au titre des dépenses en travaux de génie. Il s'agit d'un montant réel, mais on ne nous a pas présenté de facture. Lorsque la société a obtenu le contrat pour préparer la construction de la NPD, on a posé, entre autres conditions, qu'elle contribuerait à l'entreprise la somme de deux millions en travaux de génie, et c'est ce qu'elle a fait. Si nous avons choisi cette société, c'est que de toutes les industries canadiennes, c'est celle qui nous offrait la meilleure proposition. Nous avons invité sept ou huit autres sociétés à soumissionner, et elles nous ont présenté divers plans. Celui de la *C.G.E.* nous a semblé le meilleur; elle a obtenu le contrat concernant la préparation des plans et la construction de la pile NPD, y compris la contribution dont nous avons parlé et certaines autres conditions. Il s'agit d'un contrat du genre prix de revient, d'après une formule de prix de revient du gouvernement comprenant limitation des bénéfices. De fait, les bénéfices, ou la rétribution de la société ont été très faibles. Les chiffres que vous avez cités remontent à plus d'un an.

M. DRYSDALE: Pourriez-vous nous les citer?

M. GRAY: Le total atteint environ 32 millions de dollars. Nous comptons publier dans un mois ou deux, probablement à la suite de la prochaine réunion de notre conseil d'administration, les chiffres actuels du coût de la pile NPD. Nous nous sommes rendu compte que le montant que vous avez cité et les montants correspondants dans nos livres englobent une foule de choses. Ils comprennent l'instruction et le logement.

M. DRYSDALE: Quel serait, à votre avis, le montant final dans le cas de la pile NPD? Celui que vous avez actuellement est de \$32,250,000 ou à peu près. Quel sera, selon vous, le total définitif? Je ne voudrais pas vous mettre dans l'embarras.

M. GRAY: Le total ne dépassera pas 32 millions, mais nous en aurons soustrait certains postes qui paraissent dans cette liste. Nous aurons supprimé le logement, une partie des frais de l'instruction et du combustible, qui ne comptent pas d'ordinaire dans le prix de revient de la pile mais dans celui du stock. Je pourrai vous citer un montant beaucoup plus exact dans deux ou trois semaines.

M. DRYSDALE: Il serait bon, si la chose est possible, de le verser au dossier. Dans le rapport de 1959-1960, à la page 7, vous dites que l'*Ontario Hydro* s'occupera du fonctionnement de la centrale, une fois cette dernière terminée, et paiera à l'A.E.C.L. le prix de la vapeur qui actionnera les turbines. Cela veut-il dire que l'*Ontario Hydro* se chargera de tous les frais de fonctionnement et comment calcule-t-on le prix de la vapeur? Quel sera-t-il à peu près?

M. GRAY: Je regrette de dire que je n'ai pas ces détails en ce moment. L'*Ontario Hydro* a défrayé les turbines, soit les frais ordinaires de la centrale. C'est ici que le montant de huit millions, ou à peu près, intervient. La commission fera les frais d'exploitation de la centrale. En outre, elle s'occupera de l'élément nucléaire et nous en présentera la facture.

M. DRYSDALE: La commission vous exigera les frais d'exploitation de l'élément nucléaire? A quel montant cela reviendra-t-il à peu près?

M. GRAY: Je n'ai pas de prévision à ce sujet ici.

M. DRYSDALE: Pourquoi en serait-il ainsi?

M. GRAY: Si vous voulez bien me permettre de terminer mon explication, monsieur Drysdale. Cela produira de la chaleur sous forme de vapeur. Cette partie de la centrale alimentera les turbines en vapeur et la commission nous paiera tant de cents par million de B.T.U. de vapeur que nous amènerons aux soupapes des turbines. Or nous avons calculé le prix de revient de la vapeur et il correspond au prix que coûte le charbon à la centrale de la commission à Toronto; c'est un prix gradué. Je crois que seul le prix du charbon peut varier. Si le charbon monte au cours des dix prochaines années, le prix que la commission nous paie augmentera également.

M. DRYSDALE: Pourriez-vous nous dire à combien se chiffrera à peu près le revenu annuel provenant de cette source?

M. GRAY: Nous ne nous attendons pas à y perdre de ce côté, mais nous ne croyons pas non plus que nous y gagnerons beaucoup.

M. DRYSDALE: Ce n'est pas ce que je demandais. Je ne m'oppose pas à ce que vous fassiez des réflexions, mais voici ce que je voulais savoir: pourriez-vous nous dire en quoi consistera votre revenu provenant de l'alimentation en vapeur? Cela est prévu d'après la formule inscrite dans le contrat et devrait rapporter une certaine somme, un million, deux millions, ou \$100,000. Je ne voudrais pas vous mettre dans l'embarras.

M. GRAY: Je pourrais peut-être vous le dire à la prochaine réunion? Nous avons ces données et je serais heureux de vous les communiquer. Il s'agit ici d'une centrale de mise au point. Je peux vous dire que ce sera \$100,000 l'an prochain, car la centrale ne fonctionnera que pendant une partie de l'année

puisqu'il faudra changer le combustible, changer les machines de remplissage et se livrer à plusieurs expériences; l'année suivante, le total sera peut-être d'un million. La somme dépendra effectivement du nombre d'heures de fonctionnement durant l'année.

M. DRYSDALE: Vous prévoyiez rentrer dans votre argent; autrement dit, que le total des dépenses atteigne 32 millions et qu'ensuite l'entreprise couvre ses frais, du moins en ce qui concerne l'*Ontario Hydro* et votre société.

M. GRAY: Nous espérons que les frais d'exploitation seront contre-balançés par la vente de vapeur à l'*Ontario Hydro*.

M. COATES: M. Gray pourrait-il nous dire le prix de revient de l'énergie produite par la NPD?

M. GRAY: Non, car il variera suivant la durée de fonctionnement de la pile. Elle est à un stade de mise au point. Nous n'avons jamais donné à entendre que ce serait une centrale rentable.

M. DRYSDALE: Y aurait-il moyen d'avoir copie des contrats? (Je serais heureux d'en voir une.) J'aimerais les examiner et voir s'il s'y trouve des dispositions utiles. On pourrait alors les inclure dans le compte rendu. Je n'ai aucune idée de l'ampleur des contrats. Je me demande si je pourrais poursuivre cet interrogatoire en ce qui a trait à la pile CANDU; cela serait pratique, en ce qu'il y aurait production de vapeur et d'énergie électrique. D'après ce qui est dit à la page 7, l'*A.E.C.L.* assumera les frais de la pile, sauf en ce qui concerne le personnel et les services, qui seront fournis par l'*Ontario Hydro*. Dans le premier cas de la NPD, l'équipement générateur était fourni par l'*Ontario Hydro*. Pourquoi n'a-t-on pas fait de même dans l'autre cas? Pourquoi cette différence dans les deux contrats?

M. GRAY: L'une des principales raisons, c'est que l'*Ontario Hydro* se trouvait suffisamment engagée en matière d'énergie nucléaire sans usine en marche et ne voulait pas dépenser dix, douze ou quinze autres millions de dollars pour une grande centrale d'énergie nucléaire. C'est probablement pour cela surtout qu'elle n'a pas voulu prendre à sa charge le coût des turbines d'une usine considérable. Elle assume des frais considérables, mais qui ont trait surtout à la main-d'œuvre et à l'instruction. Elle contribue très peu de capital.

M. DRYSDALE: Les premières prévisions d'après les plans s'élevaient à environ 60 millions. Ce montant a-t-il été modifié?

M. GRAY: Je crois que nos premières prévisions concernant une centrale complète (vous examinez en ce moment l'appendice au rapport de l'an dernier et au rapport NPG-10), je crois que les données qui se rapportent vraiment à la pile CANDU se trouvent à la page 9 du rapport de l'an dernier. Nous y voyons 81 millions au titre des frais d'immobilisations, mais vous remarquerez qu'il y a là plusieurs postes qui ne sont pas compris dans l'autre somme.

M. DRYSDALE: La première prévision d'après les plans, en 1957, (je l'ai prise en note mais je ne la trouve pas) était de 60 millions de dollars. A la page 9 du rapport, vous parlez de \$81,507,000.

M. GRAY: Il ne s'agissait pas d'une augmentation. Vous avez sous les yeux le rapport que nous appelons le rapport NPG-10. En lisant attentivement le rapport annuel, vous trouverez plusieurs des postes qui figurent là: frais imprévus, 8 millions: échelle mobile, 4 millions; travaux de génie, 8 millions; commission, 1 million et quart; intérêt en cours de construction, 9 millions. Plusieurs de ces postes ne se trouvent pas dans l'autre rapport, mais ce sont des postes réels. Lorsqu'on doit effectivement construire une centrale, il faut les y inclure.

M. DRYSDALE: Je ne trouve rien à redire à ce montant, mais l'*Atomic Energy of Canada Limited* paiera environ 90 millions ou à peu près, 80 à 90 millions, un peu plus ou un peu moins, selon les modifications que vous apporterez.

M. GRAY: C'est exact.

M. DRYSDALE: Si je comprends bien, il y aura une période d'essai. Je crois que vous avez dit, à la page 10.3, qu'il s'agit d'une période de trois ans. C'est exact?

M. GRAY: C'est exact.

M. DRYSDALE: Au cours de cette période, l'*Ontario Hydro* paiera les frais du personnel n'est-ce pas?

M. GRAY: L'*Ontario Hydro* nous a fourni du personnel pendant un certain nombre d'années; actuellement, nous comptons quinze ingénieurs de l'*Ontario Hydro* qui travaillent en compagnie du personnel préposé aux plans. Une fois que l'entreprise fonctionnera, l'*Ontario Hydro* en fournira le personnel et portera les frais d'exploitation à notre compte.

M. DRYSDALE: Elle vous exigera les frais d'exploitation?

M. GRAY: Oui; elle nous exigera les frais d'exploitation, mais elle nous achètera toute la production d'énergie, tout comme si nous étions un service d'utilité publique de son réseau.

M. DRYSDALE: Et cela pour une période de trois ans?

M. GRAY: C'est là une prévision. Et c'est, je crois, afin de pouvoir démontrer que la centrale peut être exploitée comme unité au sein de l'*Ontario Hydro*. Dès que l'*Ontario Hydro* et nous estimerons que la centrale fonctionne, l'*Ontario Hydro* l'achètera. Nous avons parlé d'une période de trois ans parce que, selon nous, c'est une période de temps raisonnable qui permet à la commission de s'assurer du bon fonctionnement de la centrale.

M. DRYSDALE: Je m'excuse. C'est-à-dire qu'à l'alinéa 66, de la page 18, on parle d'une période approximative de trois ans. Je me suis trompé.

Est-ce que cela est prévu au contrat? Si oui, le contrat pourrait-il être déposé?

M. GRAY: Il n'est pas question d'une période de trois ans dans le contrat, mais c'est quand même notre intention. Le contrat établit une formule et, chose sûre, l'*Ontario Hydro* s'engage à acheter cette centrale dès qu'on aura la preuve qu'elle peut être exploitée dans son réseau. C'est moi qui ai établi cette prévision de trois ans. L'*Ontario Hydro* ne s'y est pas opposée, mais il se pourrait que la période ne soit que de deux ans; il se pourrait aussi qu'elle soit de quatre ans.

M. DRYSDALE: Ai-je raison de croire qu'il n'y a pas d'engagement précis de la part de l'*Ontario Hydro*? Si la centrale ne fonctionnait pas au gré de la commission,—autrement dit, vous construisez une usine, que l'on mettra à l'épreuve pendant trois ans et au bout de ce temps, l'*Ontario Hydro* pourra décider si elle en veut ou si elle n'en veut pas. Est-ce que cette explication est exacte?

M. GRAY: C'est exact, mais il y a bien des à-côtés à considérer. Il est peu probable... J'ose croire que vous ne supposez pas que l'*Ontario Hydro* va dire: «Nous n'en voulons pas, nous allons en acheter une autre».

M. DRYSDALE: Je tente d'analyser la situation; je ne veux rien affirmer, mais j'essaie de juger d'après les renseignements que vous nous donnez sur cette entente. Des renseignements que vous m'avez donnés, je déduis que vous commencez d'abord par faire, à toutes fins pratiques, toutes les dépenses nécessaires à cette centrale, puis vous en faites l'essai pendant la période que vous proposez, soit pendant trois ans, période qui, selon vous, n'est pas mentionnée au contrat. Puis au bout de ce temps, l'*Ontario Hydro* décidera si elle doit l'accepter ou non mais, si je comprends bien, elle n'est pas obligée de l'accepter.

M. GRAY: Elle sera obligée de l'accepter, à moins qu'elle ne puisse nous prouver que la centrale ne saurait fonctionner dans son réseau.

M. DRYSDALE: Quelle est la latitude? Si la centrale se révèle non rentable, cela aurait-il de l'importance?

M. GRAY: Eh bien, non, oui. La latitude n'est pas très grande. Il est stipulé dans le contrat que la commission va nous payer. A mon avis, il n'y a pas de doute qu'elle va acheter l'usine. Elle nous paiera.

M. DRYSDALE: Ce n'est pas ce que dit le contrat.

M. GRAY: Il est dit dans le contrat que la commission nous paiera une certaine somme pour la centrale qui lui permettra de produire de l'énergie à un prix égal à celui d'une usine thermique brûlant du charbon importé des États-Unis.

M. DRYSDALE: En se fondant sur ces données, quel serait le coût approximatif au cours actuel? Je suppose que c'est là l'unique mode de remboursement. Pourriez-vous nous dire quel sera à peu près le prix pour un an?

M. GRAY: Le prix ne se calcule pas à l'année. Pendant les trois années que fonctionnera la centrale, nous prévoyons recevoir annuellement beaucoup plus que les frais d'exploitation, soit ce qu'il en coûtera pour l'alimenter en combustible.

M. DRYSDALE: Vous dites à la page 7 qu'une fois la centrale terminée, l'Ontario Hydro en fera l'exploitation à plein rendement et qu'elle achètera l'énergie par l'entremise de l'A.E.C.L. Puis vous parlez d'une période de trois ans au cours de laquelle la commission surveillera le fonctionnement de la centrale. En supposant qu'au bout de trois ans, la commission fasse ce que vous croyez qu'elle fera, c'est-à-dire qu'elle achète la centrale, ce que je voudrais savoir, c'est en quoi consistera le remboursement, comment il se fera effectivement. Je suppose qu'il ne s'agira pas d'une somme globale.

M. GRAY: Oui, ce le sera. Ce ne sera pas sur un plan annuel. Je crois,—c'est une supposition passablement bien fondée, mais une supposition quand même,—que la commission nous versera 60 millions de dollars.

M. DRYSDALE: Sur-le-champ?

M. GRAY: Oui, pour la mise de fonds de 80 millions.

M. DANFORTH: Voulez-vous répéter, s'il-vous-plait?

M. GRAY: Pour la mise de fonds de 80 millions.

M. AIKEN: Si la commission n'achète pas la centrale, il se peut qu'elle continue comme auparavant. Elle pourra continuer à la louer pendant un certain nombre d'années,—si nous poursuivons l'interrogatoire de M. Drysdale de façon logique. Si la commission n'achète pas la centrale, qu'arrivera-t-il?

M. GRAY: Elle peut continuer à l'exploiter, en nous payant la différence entre les frais d'exploitation et ses recettes de la vente de l'énergie fournie.

M. DRYSDALE: C'est justement ce que je voulais connaître. Je voulais savoir quel serait vraisemblablement ce montant annuel, dans le cas où le droit d'option indéterminé en faveur de l'achat ne s'exercerait pas. Autrement dit, pouvez-vous nous dire à peu près ce que serait ce montant?

M. GRAY: Nous avons fait des calculs. Nous sommes convaincus qu'on nous versera les frais d'exploitation. En ce qui concerne l'énergie, il est convenu que ce ne sera pas moins de 2.3 millièmes. En jetant un coup d'œil sur la page suivante, vous verrez que c'est le prix d'exploitation en ce qui a trait au combustible et à la main-d'œuvre, ou plutôt non, c'est un peu plus que le prix d'exploitation, mais nous obtiendrons plus que cela d'ordinaire. Les meilleures centrales à vapeur produisent actuellement pour 5 millièmes. C'est lorsqu'il faut remplacer l'énergie hydro-électrique, lorsqu'il faut laisser l'eau passer par-dessus le barrage en un certain endroit que l'exploitation d'une centrale nucléaire ne nous rapporte pas beaucoup du point de vue de l'énergie.

M. DRYSDALE: Si vous voulez bien prêter attention à ce que je dis, je voulais en venir au choix dont vous parlez, au versement de 60 millions qui serait vraisemblablement fait sur-le-champ dans le cas où il y aurait option en ce sens. Comme M. Aiken l'a fait remarquer, aux termes du contrat que

vous nous avez exposé, la commission pourrait louer la centrale pendant un certain nombre d'années. Je voudrais savoir quel serait à peu près le loyer annuel. Serait-ce un million, deux millions, \$500,000?

M. GRAY: Il s'agirait de millions mais, encore une fois, il n'est pas stipulé au contrat que la commission continuera de louer la centrale. Nous en viendrons à une conclusion.

M. DRYSDALE: Je voudrais bien voir le contrat.

M. GRAY: Je regrette que le contrat ne soit pas encore prêt. Il n'a pas été encore approuvé par les autorités en cause ni par le cabinet; je parle ici du contrat d'exploitation. En ce qui concerne le contrat de construction, toutes les questions de principe sont réglées. Ce n'est plus qu'une question de formalités. Nous avons accepté, de part et d'autre, le texte définitif, mais le contrat n'est pas prêt et, à mon avis, je ne peux pas le déposer avant que le gouvernement l'ait approuvé. Il est actuellement à l'étude de la part de notre gouvernement et du gouvernement provincial.

M. DRYSDALE: Savez-vous quand il sera prêt ou s'il y aura moyen de le savoir? Je ne veux pas vous mettre dans une situation difficile, monsieur Gray. Savez-vous s'il serait possible de voir le projet de contrat?

Le PRÉSIDENT: Je ne crois pas, monsieur Drysdale, tant que le gouvernement ne l'aura pas approuvé.

M. DRYSDALE: Combien avez-vous dépensé en ce qui concerne la pile CANDU?

M. GRAY: Quarante-quatre millions, je crois.

M. STEARNS: En ce qui concerne la centrale productrice, le prix que vous coûteront le combustible, la main-d'œuvre et les pompes dont nous avons parlé l'autre jour,—combien d'hommes faudra-t-il pour exploiter la centrale?

M. GRAY: La centrale que vous avez vue?

M. STEARNS: On peut employer de nouveau la vapeur.

M. GRAY: Je crois que le total est de 90; en ce qui concerne surtout l'énergie nucléaire, plutôt que la production de vapeur, je pense qu'il pourrait y en avoir 75. C'est un nombre approximatif. On ne peut pas séparer le secteur de l'énergie nucléaire de celui de la vapeur, car les hommes aux commandes s'occupent des deux secteurs. Ils doivent être à la fois préposés à la centrale à vapeur et préposés à l'usine d'énergie nucléaire. Ce sont les mêmes employés pour les deux, mais je dois dire qu'il faudra un peu plus d'employés pour exploiter une centrale nucléaire que pour exploiter une centrale fonctionnant au charbon.

M. COATES: Pourquoi avez-vous entrepris la construction de la pile CANDU avant qu'on ait commencé à exploiter la NPD-5?

Le PRÉSIDENT: Elle est déjà en voie de construction.

M. GRAY: Oui.

M. COATES: Qu'est-ce qui vous permet d'affirmer avec tant de certitude que vous pourrez produire de l'électricité à moins de frais qu'avec le charbon?

M. GRAY: Nous ne sommes pas sûrs du tout que nous pourrions produire de l'électricité au même prix qu'avec le charbon, mais il n'y a personne qui soit sûr en cette matière. Il s'agit ici de la première centrale complète. Je crois avoir dit au cours d'une des séances antérieures que la deuxième unité que l'on pourrait ajouter à la pile CANDU sera à peu près rentable, et que nous sommes convaincus que la troisième le sera.

La raison pour laquelle nous avons entrepris la construction de la CANDU avant que la NPD ait commencé de fonctionner a été expliquée également au cours d'une séance antérieure. Une fois la construction de la NPD commencée, nous avons entrepris, à Chalk-River, de préparer les plans d'une grande centrale et ils nous ont paru bons. L'Ontario Hydro s'est montrée intéressée à une proposition conjointe. Nous avons proposé au gouvernement d'entreprendre la

construction d'une centrale complète, avant même que la petite centrale commence à fonctionner. Sur la foi des renseignements que nous lui avons fournis et des renseignements dont nous disposions, le gouvernement a consenti à ce que nous entreprenions, de concert avec l'*Ontario Hydro*, la construction de cette centrale.

Il n'y a pas de doute que l'entreprise comporte certains risques, mais pas autant, à notre avis, qu'un bon nombre de centrales nucléaires en voie de construction à l'heure actuelle.

M. COATES: Vous ne croyez pas que le contribuable canadien risque d'y perdre 20 ou 40 millions?

M. GRAY: Non. Je ne crois pas non plus que 20 millions représentent un risque pour le contribuable canadien. Toute entreprise de génie de grande envergure présente des risques de ce genre qui doivent être affrontés et le montant dont il s'agit ici est bien peu considérable. Pour dire la vérité, il faudrait probablement ajouter une dizaine de millions à ces vingt millions. Nous poursuivons à Chalk-River de nombreux travaux qui figurent au budget ordinaire. Vous avez vu que l'on produisait du combustible à Chalk-River. Cela n'est pas porté au compte de la pile CANDU mais à celui des travaux de recherche et de mise au point. Nous pourrions peut-être ajouter dix autres millions, que l'on pourrait, si on le désirait, porter au compte de la CANDU, mais nous sommes d'avis que tout ce travail est fait en vue du progrès du pays.

M. COATES: Vous avez maintenant investi tant d'argent dans la pile CANDU qu'il vous faut en tirer le meilleur parti possible.

Le PRÉSIDENT: M. Gray a dit l'autre jour, monsieur Coates, qu'il s'agissait ici de la meilleure équipe d'ingénieurs au Canada, sans compter, bien entendu, nos amis ici présents, que l'*Ontario Hydro* y allait de ses propres deniers.

M. GRAY: L'existence de Chalk-River ne motiverait pas un nouveau programme, si l'on n'avait pas de bonnes raisons de se livrer à des travaux de recherches et de mise au point au Canada et dans l'intérêt du Canada (oublions Chalk-River), mais j'espère qu'on ne se trompe pas.

M. DRYSDALE: Lorsque M. Harcourt, de la *Yellowknife Transportation Limited*, a témoigné ici, je crois qu'on lui a laissé entendre qu'il serait bon, s'il avait l'intention de tenter d'acquérir la *Northern Transportation Company*, d'en faire part au Comité. Je me demande si vous avez reçu des nouvelles à ce sujet?

Le PRÉSIDENT: Oui, il y a eu échange de correspondance. Je crois que nous avons des copies de lettres adressées à M. Gilchrist, où l'on demandait certains renseignements. Peut-être qu'au cours de notre prochaine réunion, la première chose que notre comité devra faire sera de déterminer la méthode à suivre, à titre de comité. Nous devons sans doute demander à M. Gilchrist de nous donner les renseignements nécessaires.

M. BATTEN: Avons-nous reçu quelque communication de quelque organisme privé de la région, de la Chambre de commerce de Yellowknife par exemple, où l'on nous aurait fait part d'une opinion à ce sujet?

Le PRÉSIDENT: Non, monsieur Batten, nous n'avons rien reçu.

M. BATTEN: Je me demandais si l'on nous avait écrit.

Le PRÉSIDENT: Non. Je croyais qu'effectivement les syndicats, et aussi la Chambre de commerce, nous adresseraient des exposés sur l'industrie de l'uranium, mais nous n'avons rien reçu. Nos délibérations avec les représentants de l'Eldorado ne sont pas terminées. Si ces messieurs désirent témoigner, ils seront les bienvenus.

## APPENDICE A

Chambre des communes

## COMITÉ SPÉCIAL DES RECHERCHES

Visite à l'*Atomic Energy of Canada Limited*, à Chalk-River,

les 4 et 5 mai 1961.

## DIVISION DE LA CHIMIE ET DE LA MÉTALLURGIE

par

W. M. CAMPBELL

La présente division exécute les travaux de recherche et de mise au point en matière de chimie, de génie chimique et de métallurgie, pour les réacteurs canadiens désignés sous les noms suivants: NRX, NRU, NPD-2, CANDU et OCDRE. Une partie des travaux a trait aux aspects fondamentaux de la science nucléaire, mais la plus grande partie consiste en travail expérimental visant à la construction et à l'exploitation des réacteurs précités. Dans ce dernier cas, plusieurs sections de la division peuvent travailler à la réalisation d'un même projet. La mise au point d'un combustible devant servir au réacteur CANDU est de cette catégorie, et comme nous n'avons pas le temps de passer en revue tous les domaines d'activité de la Division, je vais vous donner une idée de notre travail en vous faisant un compte rendu de cette entreprise. Le tableau ci-joint montre les six services de la Division et les projets d'importance sur lesquels portent leurs travaux.

Les illustrations qui accompagnent le texte font voir des faisceaux du combustible du NPD ainsi qu'une vue séparée d'un élément. La mise au point des méthodes à employer pour obtenir une poudre d'oxyde d'uranium ( $UO_2$ ) satisfaisante et pour fabriquer à l'aide de cette dernière une pastille frittée comme celle qui apparaît dans l'illustration 1 avait été confiée aux services de génie chimique et de mise au point du combustible. On mène à terme actuellement, en faisant usage de ces méthodes, la production de dix-huit tonnes de pastilles destinées à la première charge du NPD-2.

Le tube (ou souplisso) de Zircaloy-2, qui sert à protéger les pastilles, a posé certains problèmes car c'est un produit réactif qui coûte cher et qui, jusqu'à tout dernièrement, ne se fabriquait pas dans le commerce. Les services de mise au point du combustible et de métallurgie générale ont travaillé de concert avec nos entrepreneurs et avec les fabricants de tubes et, bien que l'on cherche toujours à améliorer la qualité des tubes et à en diminuer le prix, le jour n'est pas loin où nous pourrions en passer des commandes et compter sur des livraisons satisfaisantes et à un prix acceptable.

Le soudage des bouchons au tube protecteur rempli de  $UO_2$  a été mis au point par les services de métallurgie générale et de mise au point du combustible, de concert avec les entrepreneurs. On a d'abord eu recours au soudage par fusion, puis on s'est rendu compte que le soudage par résistance électrique était préférable.

La réunion en faisceaux des éléments doit répondre à de nombreuses exigences: résistance, quantité minimum de Zircaloy, faible résistance à la circulation de l'eau et facilité de fabrication. L'illustration n° 2 nous en montre deux modèles, ceux du NPD-2. Dans le nouveau modèle à dix-neuf éléments, que l'on peut employer dans le réacteur CANDU, les plaques terminales sont remplacées par de petits colliers ou des barrettes de Zircaloy soudés entre les éléments. Le modèle n'a pas été mis définitivement à l'épreuve, mais il semble être nettement supérieur à celui que montre l'illustration.

Une fois qu'on a atteint, dans un modèle donné, le stade de la réunion des éléments en un faisceau, il reste encore beaucoup à faire du point de vue des essais et des modifications. Ainsi, il faudra que la circulation de l'eau lourde dans toutes les conduites secondaires soit suffisante, autrement les tubes protecteurs seront surchauffés. Ce travail a exigé de nombreuses expériences qui ont été entreprises conjointement par le service de mise au point du combustible, la Division des modèles mécaniques, ici à Chalk-River, et la Division de l'usine d'énergie nucléaire, à Toronto. Ces expériences ont donné lieu à l'emploi des ailettes (ou nervures) de fil métallique qui paraissent sur les faisceaux de l'illustration n° 2.

Les essais d'irradiation sont une exigence constante, pendant les premières étapes de la fabrication du modèle, au cours desquelles les renseignements sont fournis par la Section des études fondamentales du service de mise au point du combustible, comme durant les épreuves finales du faisceau tout entier. Ces épreuves sont pratiquées dans les boucles du NRX et du NRU et nécessitent le concours de la Division de l'exploitation et du service de mise au point en chimie, qui s'occupent de toutes les analyses de vérification. Le combustible de  $UO_2$  dont on fait usage au cours des épreuves dans les boucles est un mélange spécial d'uranium enrichi et d'uranium naturel préparé par le service de génie chimique.

Un bon nombre des autres projets indiqués dans le tableau ne se rapportent pas de façon aussi étroite à la mise au point du combustible de la pile CANDU, mais ont tout de même servi à ce travail. Ainsi, avant de trouver le combustible nécessaire, il a fallu déterminer la physique nucléaire du réacteur. Les données fondamentales en cette matière ont été fournies par les physiciens, avec l'aide de la Section du spectromètre de masse, du service de recherches chimiques et de la Section de la chimie des traitements du service de mise au point en chimie. Ici encore, l'étude des dégâts causés par la corrosion et les irradiations, que poursuivent les deux services de métallurgie, ont fourni des renseignements de première importance sur l'intégrité du tube protecteur durant la période d'activité du combustible.

Il est un autre programme d'envergure qui prend de plus en plus d'importance, c'est celui des réacteurs à refroidisseur organique, que l'on entreprend en vue de la fabrication prochaine de l'OCDRE. Une bonne partie du travail accompli jusqu'ici par la Division avait trait au refroidisseur à agent liquide-organique. Sous l'effet de l'irradiation et de la chaleur, il se décompose lentement et il importe, non seulement de connaître le rythme de sa décomposition, mais encore de savoir si cette décomposition fait naître des produits nocifs. Des produits de cette nature pourraient recouvrir les éléments du combustible et amener une diminution dans la transmission de la chaleur. Le Service des recherches en chimie étudie les effets de l'irradiation, tandis que le Service du génie chimique s'occupe du travail concernant la transmission de la chaleur et l'encrassement. A Chalk-River, nous nous occupons surtout de la partie du programme qui exige soit un réacteur soit des installations dont nous disposons ici, tandis que la *Canadian General Electric Company*, à Peterborough, s'occupe des travaux relatifs aux dessins et à la mise au point pour lesquels les appareils d'irradiation ne sont pas nécessaires.

Je passe sous silence plusieurs projets importants de recherche et de mise au point qui sont indiqués dans le tableau, mais ceux que je vous ai exposés vous donneront une idée du travail qui se poursuit à la Division de la chimie et de la métallurgie, et de la place que ce travail occupe dans le programme relatif au réacteur nucléaire.

## PROJETS D'ENVERGURE DANS LA DIVISION DE LA CHIMIE ET DE LA MÉTALLURGIE

| Chimie (recherche)   | Chimie (mise au point)  | Génie chimique   | Mise au point du combustible  | Métallurgie générale   | Métallurgie (recherche)   |
|--|---|--|---|--|---|
| Chimie du rayonnement<br>—eau<br>—matières organiques              | Chimie analytique<br>—mise au point<br>—service<br>—mesure du rayonnement | Piles organiques<br>—encrassement<br>—épauement du combustible   | Études fondamentales  | Alliages de zirconium<br>—Zircaloy<br>—Zr/Nb<br>—irrad.  | Dégâts de l'irradiation<br>—temp. norm.<br>—basse temp.                 |
| Réactions nucléaires<br>—Sép. de masse                             | Chimie du traitement<br>—irrad. du comb.<br>—phys. nucléaire              | Piles à eau<br>—chimie de l'eau<br>—comportement du minerai brut | Combustibles de céramique<br>—mise au point<br>—service                 | Béryllium  | Combustibles pu.<br>—recherches fondamentales<br>—nouveaux combustibles |
| Spectromètre de masse  | Chimie de boucle<br>—eau<br>—matières organiques                          | Produit de fission<br>Liquidation                                | Combustibles métalliques<br>—NRX<br>—NRU                                | Corrosion<br>—R. & D.<br>—service  |   |
| Pénétration des particules   |   | Fabrication d' $UO_2$ enrichi                                    | Mise au point des modèles<br>Irradiation du combustible<br>—post. exam. | Irradiations des métaux<br>—post. exam.  |   |
| Contrats<br>—Université McMaster<br>—Université de la Saskatchewan |   |  | Contrats<br>—CGE<br>—AMF<br>—UBC  | Contrats<br>—Produits Thompson<br>—Can. West. Co.<br>—U. de T.<br>—U. de l'Alberta<br>—Orenda<br>—Atlas Titanium |   |

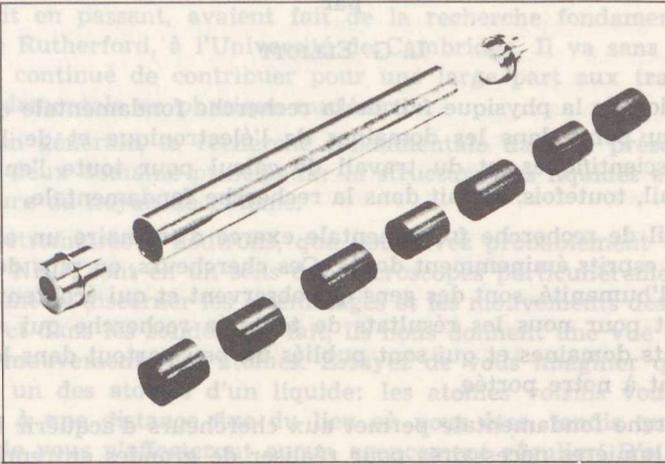


ILLUSTRATION 1

Vue séparée d'un élément de combustible montrant des pastilles de bioxyde d'uranium, une gaine de zircaloy et deux bouchons.

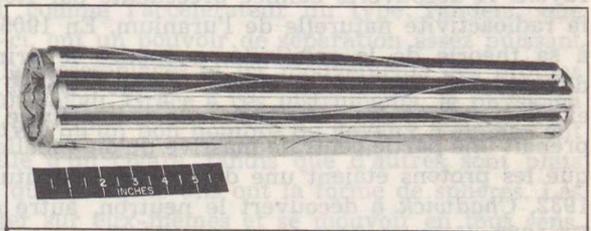
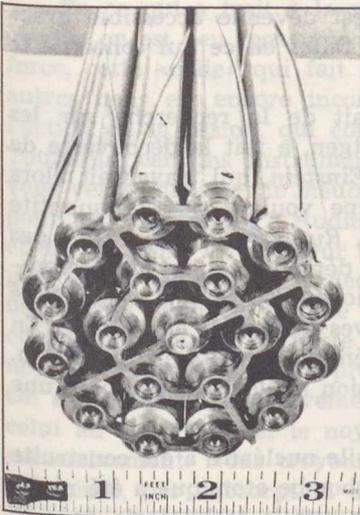


ILLUSTRATION 2

Faisceaux de combustible, à 19 éléments et à 7 éléments de la pile NPD.

## RECHERCHE À LA DIVISION DE LA PHYSIQUE

par

L. G. ELLIOTT

La Division de la physique fait de la recherche fondamentale en physique, de la mise au point dans les domaines de l'électronique et de l'emploi des instruments scientifiques, et du travail de calcul pour toute l'entreprise. Le gros du travail, toutefois, se fait dans la recherche fondamentale.

Le travail de recherche fondamentale exerce d'ordinaire un attrait particulier sur les esprits éminemment doués. Ces chercheurs, en plus de contribuer au savoir de l'humanité, sont des gens qui observent et qui écoutent pour nous. Ils recueillent pour nous les résultats de toute la recherche qui se fait dans leurs différents domaines et qui sont publiés un peu partout dans le monde, et ils les mettent à notre portée.

La recherche fondamentale permet aux chercheurs d'acquérir les connaissances et les lumières nécessaires pour réaliser de grandes entreprises, comme l'utilisation de l'énergie atomique. La recherche expérimentale et le travail de mise au point se font en vue de ces réalisations: ils aboutiront par exemple à la construction des réacteurs nucléaires. Bien des idées qui naissent au cours des travaux de mise au point viennent de particuliers qui se consacrent à la recherche fondamentale: ainsi, la recherche fondamentale et la recherche expérimentale sont l'une pour l'autre le stimulant qui leur est essentiel.

On aura sans doute une idée du rôle de la recherche fondamentale si l'on songe aux expériences qui ont abouti à la découverte et à la maîtrise de l'énergie atomique. La science de l'énergie atomique est devenue accessible grâce aux découvertes d'ordre fondamental qui ont été faites en ce qui concerne le noyau de l'atome.

C'est en 1896 que *Becquerel*, qui poursuivait de la recherche sur les rayons X découverts l'année précédente par Roëntgen, a fait la découverte de la radioactivité naturelle de l'uranium. En 1905, *Einstein*, qui travaillait alors à sa théorie de la relativité, a énoncé le principe voulant que la quantité d'énergie est égale à la masse:  $E=Mc^2$ . En 1911, *Rutherford*, qui faisait des expériences sur des particules- $\alpha$  de radioactivité, a démontré qu'un atome comprenait une partie centrale massive qu'on appelle noyau. En 1929, il a démontré que les protons étaient une des parties constitutives du noyau de l'atome. En 1932, *Chadwick* a découvert le neutron, autre élément constituant du noyau. En 1938, *Hahn* et *Strassmann* ont découvert la fission nucléaire, qui libère une partie de l'énergie contenue dans le noyau.

Comme suite de ces découvertes, la première pile nucléaire a été construite en 1942, sous la direction de Fermi, et la première bombe atomique a été réalisée en 1945, sous la direction d'Oppenheimer. Bien que la technologie dans le domaine de l'énergie atomique soit maintenant considérable, on fait de nouvelles découvertes au sujet des propriétés du noyau de l'atome et de la méthode de fission. Dans ce domaine, les nouvelles connaissances marchent maintenant de pair avec la technologie.

A la suite de la découverte de la fission de l'atome et en vue de réalisations prochaines dans l'utilisation de l'énergie atomique, les États-Unis ont fait appel à des savants comme Fermi, Bohr, Wigner, Bethe, Teller, Weisskopf, et Oppenheimer, qui tous avaient été formés à la recherche fondamentale. Pour la mise

au point de ses réacteurs nucléaires, le Canada, de son côté, a fait appel aux connaissances d'hommes comme Cockcroft, Lewis, Laurence et Sargent, qui tous, soit dit en passant, avaient fait de la recherche fondamentale sous la direction de Rutherford, à l'Université de Cambridge. Il va sans dire que ces savants ont continué de contribuer pour une large part aux travaux de recherche fondamentale en physique nucléaire.

De façon générale, la recherche fondamentale dans la présente Division se fait dans deux domaines principaux: la structure des liquides et des solides, et la structure du noyau de l'atome.

Les spectromètres à neutrons, que vous avez probablement vus à l'usine du réacteur NRU, sont en un sens des microscopes particulièrement puissants, qui permettent de discerner les assemblages et les mouvements des atomes dans les liquides et dans les solides. De fait, ils nous donnent une vue cinématographique des mouvements des atomes. Essayez de vous imaginer que vous êtes installé sur un des atomes d'un liquide: les atomes voisins vous sembleront alors placés à une distance fixe du lieu où vous êtes, tandis que les atomes situés loin de vous n'affecteront aucun agencement régulier. D'autre part, s'il s'agissait d'un solide, tous les atomes que vous pourriez voir seraient disposés de la même façon. Les atomes d'un liquide quittent souvent leur place pour prendre celle d'un autre, tandis que les atomes d'un solide oscillent de façon régulière autour de leur position moyenne. Les nouvelles connaissances acquises au sujet des liquides et des solides, au cours des travaux de ce genre, seront à n'en pas douter d'un précieux secours lorsqu'il s'agira de mettre au point des combustibles, des agents refroidisseurs et des matériaux en vue de la construction de nouveaux réacteurs.

En ce qui a trait à la structure de l'atome, il est étonnant de constater comme on est peu renseigné, même à l'heure actuelle, sur l'atome. Ainsi, cette force, cette «colle» qui fait adhérer les protons et les neutrons les uns aux autres nous est encore inconnue et nous en avons encore à apprendre sur l'action de la fission, qui constitue un moyen de libérer l'énergie du noyau. Toutefois, certains instruments, comme l'accélérateur du type Tandem, que vous verrez dans cet immeuble-ci, ont un pouvoir de séparation assez puissant pour nous permettre d'étudier les assemblages et les mouvements des protons et des neutrons à l'intérieur d'un noyau. Grâce à ces instruments, le physicien peut «voir» les noyaux. Il découvre qu'un bon nombre de noyaux d'atomes ont une forme allongée, comme celle d'un cigare, tandis que d'autres sont plats comme une poignée de porte et que quelques-uns ont la forme de sphères. Les noyaux déformés peuvent pivoter sur eux-mêmes et se mouvoir en tous sens. On a découvert un mouvement d'oscillation particulièrement intéressant, c'est celui au cours duquel le noyau en forme de cigare s'allonge et se contracte successivement. Nous croyons qu'il s'agit ici d'un mouvement provoqué, dans l'uranium, par l'absorption de neutrons et qui aboutit à la fission du noyau. Dans ce cas, le cigare s'allonge si bien qu'il finit par se rompre.

Des études de ce genre nous permettent d'accroître nos connaissances sur le noyau de l'atome et sur la matière. Elles susciteront peut-être de nouveaux projets ou ouvriront de nouveaux champs d'application dont l'humanité pourra tirer profit.

## TRAVAIL DE LA DIVISION DE LA BIOLOGIE ET DE L'HYGIÈNE NUCLÉAIRE

par

G. C. BUTLER

Lorsque les gens que je rencontre apprennent que je suis biologiste et que je travaille à Chalk-River, il leur arrive de me demander quel rapport la biologie peut bien avoir avec l'énergie nucléaire. Comme vous vous êtes sans doute posé la même question, je m'empresse de satisfaire votre curiosité.

Je vous dirai, en quelques mots, que notre travail consiste à protéger nos employés, ainsi que le public, contre la radioactivité, et à nous renseigner autant que possible sur les dangers que présente, pour des êtres vivants, y compris les hommes, l'exposition à la radioactivité. On voudra bien me permettre de traiter ici de chacun de ces trois genres d'activité.

### *Protection des travailleurs*

Les membres du personnel préposé aux radiations doivent faire en sorte de ne pas s'exposer à ces dernières, et ce, pour trois raisons:

- 1) Pour éviter des lésions graves, comme les brûlures, pour prévenir la maladie ou la mort.
- 2) Pour prévenir certains effets lointains des radiations, par exemple, la cataracte, la leucémie et le cancer.
- 3) Pour réduire au minimum les risques de mutations nuisibles chez les humains.

Afin de pouvoir juger de l'efficacité des précautions que nous prenons, nous avons adopté certaines normes de sécurité qui s'inspirent des vœux exprimés par la Commission internationale de protection radiologique. Le tableau I indique à quel point les doses maximums tolérables ont été réduites au cours des trente dernières années. Cette diminution s'appuie surtout sur des considérations d'ordre génétique.

**Tableau I**

### CHANGEMENTS APPORTÉS DANS LES TOLÉRANCES INTERNATIONALES ADMISES POUR L'ENSEMBLE DU CORPS HUMAIN CHEZ CEUX QUI S'OCCUPENT D'ÉNERGIE ATOMIQUE

| Année      | (en milliroëntgens) |             |           |
|------------|---------------------|-------------|-----------|
|            | par jour            | par semaine | par année |
| 1930 ..... | 200                 | 1,000       |           |
| 1937 ..... | 100                 |             |           |
| 1950 ..... |                     | 500         |           |
| 1954 ..... |                     | 300         |           |
| 1959 ..... |                     | 300 max.    |           |
|            |                     | 100 moy.    | 5,000     |

Comme les radiations ne peuvent être décelées qu'au moyen d'instruments spéciaux, la Direction de notre société a une équipe d'inspecteurs et de moniteurs qui s'occupent constamment du dépistage des champs de rayonnement et de la contamination radio-active. M. Cowper vous montrera quelques-uns de ces instruments et vous en indiquera les applications. La mesure de base de l'irradiation à laquelle une personne a été exposée s'enregistre sur le film-insigne détecteur que nous portons tous. Le total des irradiations enregistrées par les employés est inscrit sur des cartes I.B.M. et la synthèse en est faite par les machines qui servent au calcul des traitements. Les résultats de l'année dernière paraissent à la vignette I.

Vous êtes ici, messieurs, pour apprécier notre travail, mais vous ne pouvez pas le faire dans les trois ou quatre heures que nous avons devant nous. Je vais donc vous donner un aperçu de ce que nous faisons et de ce que nous espérons faire. Je vais commencer par vous parler de la protection de la population. La protection de la population a été confiée à la Direction de la recherche sur le milieu; la Direction est chargée d'acquiescer les mesures de sécurité pour l'emplacement des déchets fortement radio-actifs et la liquidation des déchets. M. Mason vous exposera quelques-unes de nos méthodes. Il vous montrera aussi les déchets radio-actifs que nous sommes en train de recueillir à l'échange continu des déchets radio-actifs; nous avons un vaste programme de surveillance du milieu qui entoure l'usine; nous assurons ainsi que personne ne pourra être exposé à plus d'un dixième de la quantité de radiation admissible pour nos travailleurs. Les milieux d'échange techniques composent le personnel exposé à ce travail. Des milliers d'échantillons sont prélevés au double point de vue physique et biologique. Des endroitsavoisinant l'emplacement des réacteurs et sont analysés sous le rapport de la radio-activité. Tout cela représente un travail d'analyse considérable surtout si l'on songe que les échantillonnages autour des nouveaux éléments doivent être effectués un ou deux jours avant que les réacteurs commencent à fonctionner. Les échantillonnages autour de Point de vue physique et biologique un an en tête et ceux qui ont trait à Douglas-Point commencent à être effectués à ceux qui seront exécutés à Whiteshell, on est en voie d'en tracer les plans. La plupart des échantillons reviennent la présence d'une si faible quantité de radio-activité que nous ne mesurons que celle qui vient des sources naturelles et de l'air ambiant. Lorsqu'il s'agit de mesurer les très petites concentrations de matières radio-actives nous nous servons de notre laboratoire spécial de Point-Bevier qui fonctionne depuis 1957. Nous avons donc été les premiers au Canada à mesurer les matières radio-actives.

Un autre genre de vérification, soit celle de la contamination interne, a été confié à la Division médicale; cette dernière analyse l'urine des personnes qui s'occupent des matières radio-actives, afin de s'assurer qu'elle ne contient pas de radio-activité. Les résultats des analyses faites au cours de l'année 1960 paraissent au tableau II.

Tableau II

Échantillons analysés révélant de la radioactivité, 1960

|   | janv.                   | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil.             | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
|---|-------------------------|-------|------|------|-----|------|-------------------|------|-------|------|------|------|
| NRU .....                                       | 27                      | 15    | 12   | 4    | 3   | 4    | 1                 | 0    | 3     | 1    | 1    | 3    |
| NRX .....                                       | 3                       | 1     | 1    | 0    | 1   | 0    | 0                 | 0    | 0     | 0    | 8    | 0    |
| Entretien et Construc-<br>tion des bâtiments .. | 1                       | 2     | 0    | 1    | 1   | 4    | 5                 | 3    | 9     | 2    | 0    | 0    |
| Métallurgie et Énergie                          | 1                       | 1     | 6    | 1    | 0   | 7    | 1                 | 0    | 2     | 0    | 3    | 3    |
| Surveillance des risques<br>de radiation .....  | 8                       | 3     | 9    | 3    | 5   | 4    | 1                 | 0    | 5     | 2    | 9    | 0    |
| Autres .....                                    | 4                       | 5     | 8    | 5    | 0   | 0    | 2                 | 0    | 0     | 0    | 9    | 0    |
|   | 44                      | 27    | 36   | 14   | 10  | 19   | 10                | 3    | 19    | 5    | 30   | 6    |
|   | Résultats positifs, 216 |       |      |      |     |      | Déplacements, 102 |      |       |      |      |      |

Bien qu'on ait dû retirer 102 personnes du travail exposant à la radio-activité, aucun des travailleurs n'avait absorbé une quantité de radio-activité assez considérable pour correspondre à une dose appréciable de radiation.

### Protection de la population

La protection de la population a été confiée à la Direction de la recherche sur le milieu; la Direction est chargée d'approuver les mesures de sécurité pour l'emprisonnement des déchets fortement radio-actifs et la liquidation des déchets dilués. M. Mawson vous exposera quelques-unes de nos méthodes. En plus de recourir à l'examen minutieux des déchets, nous nous sommes tracé un vaste programme de surveillance du milieu qui entoure l'usine; nous nous assurons ainsi que personne ne pourra être exposé à plus d'un dixième de la quantité de radiation admise pour nos travailleurs. Sept spécialistes et douze techniciens composent le personnel préposé à ce travail. Des milliers d'échantillons sont prélevés, au double point de vue physique et biologique, des endroits avoisinant l'emplacement des réacteurs et sont analysés sous le rapport de la radio-activité. Tout cela représente un travail d'analyse considérable, surtout si l'on songe que les échantillonnages autour des nouveaux emplacements doivent être entrepris un an ou deux avant que les réacteurs commencent à fonctionner. Les échantillonnages autour de Rolphton se poursuivent depuis un an déjà et ceux qui ont trait à Douglas-Point commencent cet été; quant à ceux qui seront exécutés à Whiteshell, on est en voie d'en tracer les plans. La plupart des échantillons révèlent la présence d'une si infime quantité de radio-activité que nous ne mesurons que celle qui vient des sources naturelles et de l'épreuve des engins. Lorsqu'il s'agit de mesurer les très petites concentrations de matières radio-actives, nous nous servons de notre laboratoire spécial de Deep-River, qui fonctionne depuis 1952. Nous avons donc été les premiers au Canada à mesurer les retombées radio-actives.

### *Effets biologiques*

Dans nos travaux de recherche biologique en matière de radiations, nous attachons à découvrir les effets des radiations ionisantes sur les organismes vivants. Ce travail est confié à la Direction de la biologie, qui a un personnel de huit investigateurs scientifiques spécialisés. On y étudie les effets fondamentaux des radiations sur des matières de toutes sortes: produits chimiques d'intérêt biologique, levure, plantes, insectes et rats. La génétique est un élément important de ce programme car, je l'ai déjà dit, les considérations d'ordre génétique acquièrent de plus en plus d'importance dans l'établissement des doses maximums tolérables de radiation.

Vous êtes ici, messieurs, pour apprécier notre travail, mais vous me permettrez peut-être de vous donner mon avis sur notre activité dans les trois domaines que je viens de mentionner et de les rattacher à l'ensemble des travaux qui se poursuivent au Canada.

### *Protection des travailleurs*

Il semble à l'heure actuelle que nous nous acquittions de cette tâche de façon satisfaisante. Nous ne pouvons nous permettre de relâche car les problèmes surgissent de façon inattendue et, au fur et à mesure que le programme prend de l'ampleur, de nouveaux dangers apparaissent, qu'il nous faut étudier et affronter. Le béryllium et le tritium représentent deux des problèmes qui se posent présentement. Notre personnel, toutefois, est assez nombreux et assez expérimenté pour permettre à notre division de s'occuper des problèmes de l'*Atomic Energy of Canada Limited* et de servir de centre d'instruction au personnel préposé à la surveillance des risques de radiation, en ce qui a trait aux nouveaux réacteurs et aux autres industries.

### *Protection de la population*

Nous suffisons tout juste à la tâche que représente l'étude du milieu, à l'A.E.C.L., et des lieux environnants ainsi que l'étude, sous le même rapport, du NPD-2 qui se trouve tout près. Quand on mettra en chantier les réacteurs de Douglas-Point et de Whiteshell, nous allons être débordés. Pour remédier à la situation, le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social a consenti à se charger graduellement du travail de vérification des lieux au-delà des emplacements des réacteurs et à coordonner ce travail. Nous serons en meilleure situation une fois que ledit ministère aura pris charge de ce travail. Il ne nous semble pas convenable que les gens qui produisent la radioactivité soient aussi ceux qui doivent juger si l'on prend des précautions suffisantes pour que la population ne soit pas atteinte par la radioactivité.

### *Biologie radiologique*

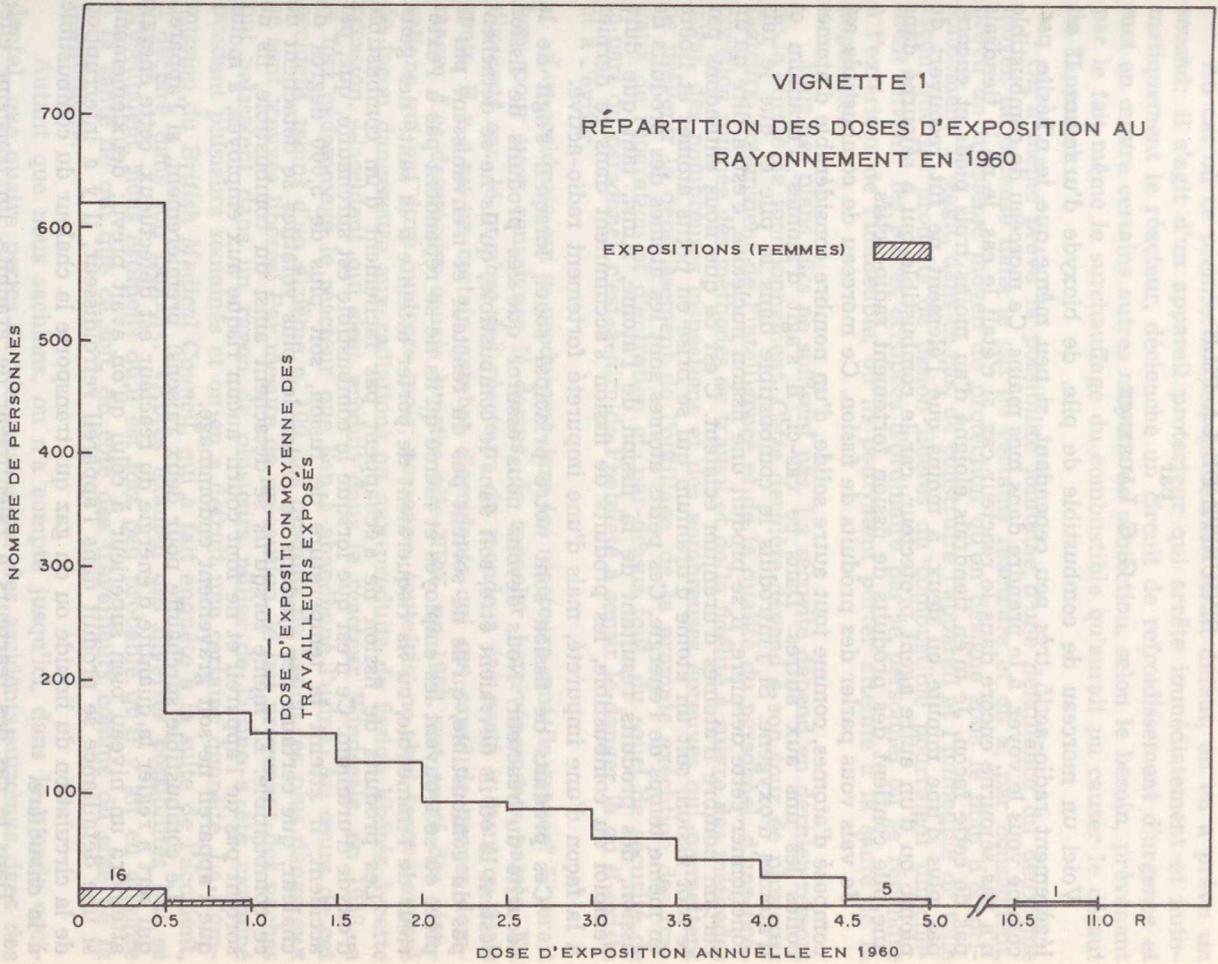
Dans ce domaine, l'efficacité du travail entrepris par le Canada est moins sûre. Nous sommes probablement plus renseignés sur les effets prochains de fortes doses de radiations et sur la façon de mesurer les doses légères que nous ne le sommes sur tout autre risque industriel. Cependant,—je l'ai dit au début de mon exposé—les doses maximums tolérables ont été constamment réduites et nous avons plus que jamais besoin de connaître les effets biologiques lointains des doses légères de radiations reçues au cours de périodes de longue

durée. L'intérêt manifesté ces derniers temps par la population au sujet des effets nocifs des retombées radio-actives des armes nucléaires a mis en lumière notre incapacité d'apporter des réponses précises. Le Canada pourrait jouer un rôle de premier plan dans l'étude des effets biologiques, car il est un des premiers pays du monde dans le domaine de l'énergie nucléaire et au surplus, il ne s'occupe ni de la fabrication ni de l'essai des bombes. Vous vous souvenez qu'en novembre 1959, M. Green a proposé une résolution, qui a été approuvée par l'Assemblée générale des Nations Unies; cette résolution demandait à l'assemblée: «... d'examiner et d'étudier les dispositions tendant à favoriser les études relevant des domaines de la génétique, de la biologie et autres, ... qui pourront nous éclairer sur les effets des radiations sur la santé des populations».

Il y a tout juste un an, à la demande du Sénat des États-Unis, nous avons fait un relevé de la recherche radiobiologique pratiquée au Canada. Lorsqu'il s'est agi de comparer nos travaux à ceux des États-Unis, du Royaume-Uni et de l'Italie, on s'est rendu compte que nos résultats, dans tous les domaines, étaient inférieurs dans une proportion variant entre deux et dix, suivant le pays et la méthode de comparaison.

Une étude complète des effets biologiques des radiations exige la collaboration d'investigateurs de bien des disciplines: physiologues, biochimistes, biophysiciens, cytologues et généticiens. A l'heure actuelle, il n'y a que l'A.E.C.L. qui ait un groupe de ces investigateurs qui s'occupe exclusivement de travaux de recherche sur la biologie radiologique, et presque tous les travaux qui se poursuivent au Canada sous le rapport de la génétique radiologique se font ici et sont l'œuvre de deux généticiens. Ce groupe est petit et, comme chef de file dans le domaine de l'énergie nucléaire, le Canada se laisse trop distancer dans l'étude des effets biologiques. Il nous faudra d'autres laboratoires au Canada, si nous voulons remédier à cette situation peu satisfaisante. Comme l'observation des effets de doses légères de radiations est un travail particulièrement difficile, il faut étudier de nombreuses données statistiques sur les animaux et les êtres humains, qui couvrent de longues périodes. Des investigations de ce genre exigent une méthode différente de celle que l'on emploie dans les travaux ordinaires de recherche en laboratoire et un travail plus profondi.

VIGNETTE 1  
 RÉPARTITION DES DOSES D'EXPOSITION AU  
 RAYONNEMENT EN 1960



## SÉCURITÉ DE LA PILE

par

G. C. LAURENCE

Voici un morceau de combustible de pile, de bioxyde d'uranium. Il est légèrement radio-actif, très peu cependant, si peu même que je n'hésite pas, comme vous le voyez, à le prendre dans mes mains. Ce morceau de combustible n'a pas séjourné encore dans le réacteur car, si c'était le cas, je ne le tiendrais pas de cette façon. Je m'en tiendrais éloigné d'au moins trois pieds et encore, pas plus d'une minute ou deux, à moins que l'élément ne fût recouvert de plomb ou d'un autre agent protecteur, car le combustible qui a séjourné dans une pile contient des produits de fission fortement radio-actifs.

Je vais vous parler des produits de fission. Ce morceau de combustible est composé d'atomes, comme tout autre solide, d'un nombre considérable d'atomes collés les uns aux autres. Dans ce cas-ci, il s'agit d'atomes d'uranium et d'atomes d'oxygène. Si j'introduis le combustible dans la pile et que je fais fonctionner cette dernière, il se produit une fission nucléaire, c'est-à-dire qu'un certain nombre d'atomes d'uranium éclatent. C'est ce que nous entendons par le mot fission, soit un atome d'uranium qui se brise en petits atomes et libère en même temps de l'énergie. Ces petits atomes sont les atomes des produits de fission, des produits résultant de la fission de l'atome. Ainsi, tant que dure l'emploi du combustible, les produits de fission s'accumulent dans ce dernier à la façon d'une impureté, mais d'une impureté fortement radio-active.

Ces produits de fission sont notre principal souci, lorsqu'il s'agit de la sécurité du réacteur. Nous devons nous assurer que les produits de fission restent là où ils devraient être, soit dans le combustible, qu'ils ne se détachent pas du combustible, qu'ils ne sortent pas du réacteur et n'envahissent pas la pièce où se trouvent les employés et même qu'ils ne se répandent pas à l'extérieur de l'immeuble, où ils risqueraient de porter atteinte à la santé des gens.

Les produits de fission ne s'échappent pas facilement d'un combustible d'oxyde d'uranium. Ce n'est que lorsque le combustible est surchauffé, que, par accident, il atteint la température de fusion, soit plus de 5,000 degrés de chaleur, que certains des produits de fission les plus volatiles se détachent de ce combustible. Et même lorsqu'ils se détachent ainsi du combustible, ils ne sortent pas de l'appareil et ne font courir aucun risque aux employés, à moins que l'appareil ne soit gravement endommagé.

Le combustible surchauffe pour deux raisons: premièrement, si l'appareil qui sert à régler la quantité d'énergie du réacteur est défectueux, cette énergie atteindra un niveau bien supérieur à celui qu'on avait prévu; deuxièmement, si une défaillance se produit dans l'appareil refroidisseur, il y a interruption de la circulation du liquide ou du gaz qui transporte la chaleur du combustible à la chaudière.

Dans le cas des réacteurs à ralentisseur de graphite, un troisième effet important peut se présenter, qu'on désigne sous le nom d'effet Wigner, et qui peut causer le surchauffage du combustible. De fait, c'est ce qui causa l'accident survenu en 1958 dans un des réacteurs Windscale. Il n'y aura pas lieu d'en parler ici puisqu'un tel accident ne peut se produire dans des piles utilisant l'eau lourde comme ralentisseur.

La première façon de se prémunir contre les dangereux produits de la fission consiste donc à prévenir les deux défaillances que nous avons mentionnées et qui pourraient causer le surchauffage du combustible. Cela suppose des plans précis, un travail de construction soigné, des inspections minutieuses qui assureront la sûreté de nos appareils; il faut veiller tout particulièrement à assurer la résistance et la sécurité de fonctionnement du circuit de refroidissement et du circuit de réglementation.

Au cas où ce premier moyen de défense ferait défaut, on en a prévu un second: il s'agit d'un appareil protecteur qui arrête immédiatement et automatiquement le réacteur, déclenche un circuit de refroidissement d'urgence et met en œuvre certains autres moyens de protection, selon le besoin, prévenant par le fait même le surchauffage du combustible qu'aurait pu causer le défaut de l'appareil.

On a même prévu la possibilité lointaine d'une défaillance du deuxième moyen de défense dans le cas de certains réacteurs et on a, par conséquent, prévu un troisième moyen de protection qu'on désigne sous le nom d'emprisonnement. Il s'agit, dans ce cas, de construire l'appareil et l'immeuble de telle façon que les produits de fission libérés du combustible pourraient difficilement envahir les pièces occupées d'ordinaire par le personnel ou se répandre à l'extérieur de l'immeuble, où ils pourraient porter atteinte à la santé de la population.

Mais des plans sûrs ne suffisent pas. La sécurité dépend en dernier ressort de la sûreté de fonctionnement. Cette dernière dépend à son tour de plusieurs facteurs, notamment de l'intelligence et de la qualité du personnel, d'une préparation soignée des méthodes de travail et de la fidélité à suivre des méthodes sûres, des nombreuses inspections et des nombreuses épreuves qui permettent de prévenir le dépérissement de l'outillage, de la prompte exécution des travaux de réparation et d'entretien et, par-dessus tout, du souci de sécurité de la part du personnel, c'est-à-dire de l'habileté à sentir le danger là où il existe et à l'éviter.

Les accidents qui se produisent dans les réacteurs sont-ils graves? Il serait bon, pour vous renseigner là-dessus, de rappeler les événements passés. En dix-neuf ans, le nombre des réacteurs du monde a été porté à deux ou trois cents. Il y a eu un certain nombre d'accidents qui ont causé de graves dommages. Les dommages causés à notre pile NRX, en 1952, ont exigé des réparations qui ont duré quatorze mois; personne, toutefois, ne s'est trouvé exposé de façon dangereuse aux radiations ou aux produits de fission libérés à cette occasion. L'accident qui s'est produit dans le réacteur Windscale, en 1958, a si fort endommagé le réacteur que l'on a abandonné l'usine. Au cours de cet accident, moins d'un dixième p. 100 des produits de fission les plus dangereux se sont trouvés libérés. Par mesure de précaution, le lait provenant des vaches qui paissaient dans un rayon de plusieurs milles de l'usine a été examiné pendant plusieurs semaines et on en a détruit une certaine quantité. La Commission du *British Medical Council*, qui a fait enquête à la suite de l'accident, a déclaré dans son rapport: «Après examen des diverses possibilités qui se présentaient, nous estimons qu'il est fort peu probable qu'il y ait eu atteinte à la santé de qui que ce soit, du côté des travailleurs comme du côté de la population».

Autant que nous sachions, on n'a compté jusqu'ici, dans le monde occidental, que quatre pertes de vie causées par des accidents survenus dans des réacteurs. Il y a quelques années, en Yougoslavie, la perte de la maîtrise d'un petit réacteur a entraîné une perte de vie et quelques cas de maladies graves; les victimes, dans ce dernier cas, sont maintenant en bonne santé. L'accident m'a été raconté en détails par l'un des membres de la Commission internationale qui a fait enquête à ce sujet. Il était indigné du manque de dispositifs de sécurité et de l'absence, dans l'ensemble, de précautions nécessaires qui, à son avis, avaient été causes de l'accident.

En février dernier, trois hommes-ont été tués au cours de l'explosion d'une pile qui s'est produite au poste d'expérimentation de la Commission d'énergie atomique des États-Unis, dans l'Idaho. On n'a pas établi la cause de l'accident d'une façon certaine, mais les circonstances dans lesquelles il s'est produit sont l'indice de normes de sécurité que nous ne jugerions pas satisfaisantes.

Ce sont là les quatre seules pertes de vie qui aient été enregistrées à notre connaissance dans les annales des réacteurs d'énergie nucléaire; ces accidents auraient pu être évités.

La Commission de contrôle de l'énergie atomique n'approuve la construction ou le fonctionnement d'une pile d'énergie nucléaire que lorsque, à son avis, la pile fonctionnera en toute sécurité. Lorsqu'elle a une décision à prendre, la Commission bénéficie des conseils d'une commission de spécialistes qu'on désigne sous le nom de Commission consultative concernant la sécurité des réacteurs. Cette commission rencontre, à diverses reprises, ceux qui dressent les plans du réacteur en question, afin de juger des progrès du travail préparatoire ainsi que de la construction. Ses critiques permettent aux dessinateurs d'écarter des plans qu'on ne pouvait pas approuver. Les dessinateurs adressent à la commission un volumineux rapport sur l'appréciation des risques où l'on examine les défaillances possibles du matériel et les conséquences de ces défaillances, ainsi que les précautions prises par les dessinateurs pour prévenir ces défaillances. Les dessinateurs envoient aussi à la commission, au cours de l'enquête et dans la mesure où la commission en a besoin pour ses fins, de nombreux renseignements, sous forme de rapports et de dessins. La commission bénéficie de l'aide de l'ingénieur de la sécurité de la Commission de contrôle de l'énergie atomique. La commission a eu, à diverses reprises, l'aide de spécialistes du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social et de l'*Atomic Energy of Canada Limited*. La commission a pris l'habitude d'inviter des représentants des ministères provinciaux de la Santé et du Travail et des fonctionnaires municipaux de la Santé à prendre part aux entretiens qui se tiennent au sujet d'une pile, lorsque cette dernière se trouve dans une région où lesdits représentants ont autorité. Cette participation des autorités provinciales et municipales au travail de la commission leur est utile en ce qu'elle leur permet de s'acquitter de leurs obligations aux termes des lois provinciales et municipales: en outre, elle prévient la confusion dans notre collaboration avec ces ministères.

Du point de vue de la sécurité, si l'on établit une comparaison avec la plupart des autres industries, on se rend compte que les résultats obtenus, en ce qui concerne le fonctionnement des piles nucléaires, sont extraordinairement bons. La Commission de contrôle de l'énergie atomique, avec l'appui de sa Commission consultative concernant la sûreté des réacteurs, se propose de veiller au maintien d'excellentes normes de sécurité.

## ÉNERGIE NUCLÉAIRE—RECHERCHE ET MISE EN VALEUR

par

G. C. LAURENCE

Le but que nous nous proposons dans notre programme de mise en valeur au Canada, c'est d'en arriver à produire de l'électricité à meilleur marché, grâce à l'énergie nucléaire, qu'au moyen des combustibles fossiles. Il est difficile de réduire les immobilisations dans les centrales d'énergie nucléaire à un niveau inférieur à celui des centrales équivalentes brûlant du combustible fossile. L'énergie nucléaire ne saurait entrer en concurrence à moins que le prix de revient du combustible ne soit inférieur à celui des usines d'énergie à combustible fossile. Le premier but que nous nous sommes assigné consistait par conséquent à obtenir un combustible à bon marché.

Notre première expérience dans l'économie des combustibles, expérience qui remonte à 1947, nous a causé une vive déception. Quelques-unes des premières barres de combustible que nous avions employées dans la pile NRX se déformaient et restaient engagées quand on les laissait trop longtemps dans la pile. Il fallait les remplacer par d'autres alors qu'elles n'avaient produit que

quelques centaines de mégawatts-jour d'énergie par tonne, ce qui était vraiment trop peu pour que l'on pût songer à les mettre en concurrence avec le charbon.

Au cours des années qui ont suivi et grâce au concours de l'*Atlas Steel Company* et de la Direction des mines, nous avons appris à fabriquer du combustible d'uranium pouvant fournir environ 3,000 mégawatts-jour d'énergie par tonne, à l'intérieur de la pile.

Entre-temps, nos ingénieurs-chimistes avaient réussi à donner un nouveau traitement au combustible usagé, à le débarrasser des produits de fission, à récupérer l'uranium inutilisé ainsi que le plutonium qu'il contenait. Si nous pouvions réduire suffisamment le prix de revient de ce nouveau traitement et du travail qui consiste à fabriquer, au moyen des matières récupérées, de nouvelles barres de combustible qu'on peut réintroduire dans le réacteur afin de produire d'autre énergie, nous ferions un pas de plus dans la voie de l'économie en matière de combustible.

Arrivés à ce stade, nous avons découvert que les barres de combustible qui contenaient de l'oxyde d'uranium se comportaient de bien meilleure façon dans la pile que les barres de métal. Nous nous sommes rendu compte qu'avec l'emploi de l'oxyde d'uranium, nous n'avions pas à nous soucier, comme auparavant, du renflement, de la fragmentation et de la déformation. Nous pouvions atteindre un taux de consommation beaucoup plus élevé, grâce à notre combustible d'uranium naturel, et sans être obligés de le traiter et de le fabriquer à nouveau. M. Campbell a montré comment l'industrie canadienne, de concert avec nos ingénieurs-chimistes, a mis au point des méthodes qui permettent de donner à l'oxyde d'uranium la forme de petites pastilles que l'on emploie comme combustible nucléaire, comment on a fait l'essai de ce combustible dans la pile NRX pour s'assurer qu'il donnerait une grande quantité d'énergie, sans trop de difficultés, et comment on a amélioré le dessin et réduit ce que coûtaient le gainage de l'oxyde dans les tubes de zircaloy et l'assemblage des tubes en faisceaux prêts à être employés dans le réacteur.

Un autre pas a été fait en vue de réduire les frais de combustible avec la mise au point de l'équipement et des méthodes à employer pour remplacer le combustible sans que la centrale cesse de fonctionner. Nous avons été les premiers, nous et les Français qui travaillaient indépendamment de leur côté, à faire le plein de combustible des réacteurs en marche. Ce travail a préparé la voie à la méthode d'alimentation en combustible dans les deux sens, que l'on emploie dans les piles NPD et CANDU et que l'on vous a déjà exposée. Le chargement en combustible dans les deux sens assure une bien meilleure répartition du nouveau et de l'ancien combustible dans la pile, ce qui nous permet de ménager le combustible.

Comme résultat de cette économie croissante en matière de combustible, on prévoit que le prix de revient du combustible dans le cas de la pile CANDU ne sera que d'environ 1.1 millième par kilowatt-heure, soit à peu près le tiers seulement du prix de revient du charbon dans les stations thermiques modernes, dans cette région-ci du Canada, et qu'il fera l'objet plus tard de nouvelles réductions.

On réussit à réaliser ce bas prix parce que la pile CANDU est pourvue d'un ralentisseur à eau lourde. Dans le cas des piles qui exigent l'emploi d'un combustible enrichi, le prix du combustible est beaucoup plus élevé.

Si je vous ai donné tous ces détails de la mise au point du combustible, c'est afin de vous faire comprendre qu'il s'agissait là d'un long travail. Le progrès technique ne s'obtient qu'après une série de succès; il est l'aboutissement d'efforts incessants poursuivis pendant de longues années.

Mais si nous nous sommes efforcés de réduire le prix de revient du combustible, nous n'avons pas négligé pour autant les frais d'immobilisations de la centrale. Je vais vous faire voir, dans quelques instants, des diapositives qui

vous donneront une idée du travail de recherche et de mise au point qui nous a permis de réduire les immobilisations dans les piles pourvues d'un ralentisseur à eau lourde.

Nous arrivons à réduire les frais par l'utilisation de plans minutieusement établis, par le choix des conditions de fonctionnement les plus rentables possibles, du combustible et des dimensions du cœur de la pile, par le rendement des pièces constitutives et par certains autres détails du plan. Faire le choix du dessin le plus rentable possible, lorsqu'il s'agit d'une centrale d'énergie nucléaire, cela représente un problème fort complexe. En recourant aux anciennes méthodes qui consistent à faire usage de la règle à calcul, du crayon et du calepin, on peut passer des semaines à comparer les divers modèles avant d'en arriver à celui qui coûte le moins cher. Aussi, fait-on maintenant usage de machines à calculer électroniques ultra-rapides. Sans doute, il faut mettre le temps nécessaire à l'établissement d'instructions précises qui permettent à la machine de résoudre le problème. Une fois que la calculatrice a reçu les instructions voulues, elle peut travailler à un rythme tel qu'en l'espace de quelques heures, elle nous livre un jeu de comparaisons portant sur des centaines de dessins, accompagnés de leurs frais respectifs; il nous est alors facile de choisir le dessin qui nous semble le plus rentable.

On le voit, les études concernant le travail de mise au point dans le domaine de l'énergie nucléaire au Canada ont porté surtout sur un genre particulier de réacteur. Nous avons opté pour le réacteur à eau lourde. A cette époque-là, il n'était pas aussi perfectionné que les autres genres de réacteurs. Nous avons par conséquent un long travail de mise au point avant de pouvoir construire une centrale qui permît des réalisations d'ordre pratique. Si nous avons choisi ce genre de pile, c'est qu'il était le seul à pouvoir fournir de l'énergie à bon marché, dans une période de temps raisonnable, dans les régions les plus peuplées du Canada. Une fois notre choix arrêté, nous nous sommes efforcés de rendre la pile de plus en plus rentable épargnant les dépenses de côté et d'autre et nous approchant constamment du but assigné, soit la production d'énergie sur un pied de concurrence.

La méthode américaine est bien différente de la nôtre. Les Américains, disposant de plus de ressources que nous, ont mis au point divers genres de centrales à énergie nucléaire. Désireux de se maintenir au premier rang en maints aspects de la mise en valeur de l'énergie nucléaire, ils ont dépensé largement afin de s'assurer le matériel, l'équipement et les méthodes capables de faire de leurs premières centrales à énergie nucléaire des réussites techniques. Ils comptaient réaliser des économies dans les centrales qu'ils construiraient plus tard.

Il y a trois ans, on s'est rendu compte aux États-Unis qu'il n'était pas si facile que cela de réduire les frais. Il y eut un sentiment général de découragement chez ceux qui s'occupaient de la mise en valeur de l'énergie nucléaire aux États-Unis. Cette situation ne s'est pas produite ici au Canada. Nous n'avions pas escompté de réductions miraculeuses des frais. Nous n'avions éprouvé aucun recul imprévu qui pût nous causer des déceptions. Au contraire, nous avons fait les progrès lents, constants et modestes que nous avions prévus.

Dans une atmosphère de découragement de ce genre, la Commission de l'énergie atomique des États-Unis a été l'objet de critiques. Elle décida d'étudier plus attentivement les centrales d'énergie où l'on utilisait le graphite comme ralentisseur, dont les Britanniques disaient qu'elles étaient presque sur un pied de concurrence au Royaume-Uni, et les centrales faisant usage des ralentisseurs à eau lourde, que les Canadiens espéraient mettre sur un pied de concurrence au Canada. La Commission a accordé des contrats d'étude de ces deux genres de centrales. Le contrat d'étude de la centrale pourvue d'un ralentisseur à eau lourde fut confié à la société duPont.

Au bout de quelque temps, la société duPont présentait un modèle provisoire ainsi qu'une estimation du coût; les chiffres en étaient beaucoup plus élevés que ceux que nous avons prévus dans le cas de la pile CANDU. La Commission de l'énergie atomique des États-Unis a comparé ces chiffres à ceux des autres genres de centrales mis au point aux États-Unis; il ressortait de cette comparaison que la centrale à eau lourde semblait moins rentable que la plupart des autres centrales.

Près d'un an s'est écoulé depuis que la société duPont a soumis ce rapport peu flatteur au sujet de la pile nucléaire utilisant le ralentisseur à eau lourde. Nous avons reçu dernièrement un rapport\* sur ce qu'elle pense maintenant de cette pile. Voici les conclusions qu'elle tire:

1. Les réacteurs de base à eau lourde semblent capables d'atteindre les objectifs fixés par la Commission de l'énergie atomique, soit: énergie à bon marché et indépendance vis-à-vis des sources d'uranium enrichi. Ces réacteurs à eau lourde sont promis à un avenir économique favorable surtout parce qu'ils peuvent brûler des éléments d'uranium naturel qui se fabriquent à peu de frais. On est en train de mettre au point de tels combustibles.
2. Le potentiel économique des réacteurs à eau lourde semble aussi bon, sinon meilleur, que celui d'autres centrales atomiques. Dans certaines circonstances, les réacteurs à  $D_2O$  peuvent même rivaliser avec des centrales modernes de mêmes dimensions brûlant des combustibles fossiles.
3. Il se peut que l'énergie produite par les réacteurs à eau lourde permette d'affronter la concurrence sans qu'il soit nécessaire de prévoir les moindres frais annuels à l'égard des investissements nucléaires non amortissables ni les moindres crédits pour la récupération d'uranium et de plutonium.
4. Les travaux de mise au point sont assez avancés pour assurer la possibilité technique de réaliser un réacteur ralenti à l'eau lourde.
5. Plusieurs autres caractéristiques favorisent l'aménagement sans retard du réacteur à eau lourde. Parmi ces considérations, on peut mentionner l'accessibilité de l'uranium naturel, l'utilisation économique des neutrons et la possibilité de recourir à l'uranium enrichi lorsque c'est plus économique.

Revenons maintenant à notre programme de mise au point; comment prévoir les exigences en matière d'énergie qui se feront sentir dans dix ans? Devons-nous, comme par le passé, concentrer notre attention sur la pile à eau lourde? Devrions-nous nous occuper davantage des piles qui font usage d'un ralentisseur au graphite ou à l'eau naturelle?

Les piles dont le ralentisseur est l'eau naturelle sont celles qu'on a le plus perfectionnées aux États-Unis. Dans les centrales de petites dimensions, ces piles ont l'avantage d'être compactes et simples en même temps. Dans bon nombre d'applications qui requièrent une centrale nucléaire de très petite dimension, ce sont celles qui exigent le moins de frais. La *Canadian Westinghouse Company* a examiné pour nous les possibilités d'emploi d'une centrale de ce genre dans le Grand Nord, mais nous ne voyions pas à ce moment-là d'application qui nous eût fait préférer cette centrale à celui des moteurs diesel.

La NPD, d'une puissance de 20,000 kilowatts, nous a permis d'établir, d'une façon assez exacte, un rapport des frais que représenterait une centrale nucléaire à ralentisseur à eau lourde du même genre mais qui aurait une puissance de 50,000 kilowatts. Après avoir comparé ces chiffres à ceux qui ont trait aux piles ralenties par eau naturelle, nous avons jugé qu'il serait préférable

\* DP-570—«Potentiel économique requis par les génératrices nucléaires à  $D_2O$ », par L. Isakoff.

la plupart du temps, au Canada, de faire usage de piles à eau lourde dans le cas des centrales nucléaires de 50,000 kilowatts mais que, dans le cas des centrales de petites dimensions, il vaudrait mieux employer les piles ralenties par eau naturelle. Comme nous ne croyons pas que les centrales nucléaires de très petite dimension soient de grande importance pour nous au cours des dix prochaines années, nous sommes d'avis qu'il est préférable de ne pas disperser nos travaux de mise au point, car c'est ce qu'il nous faudrait faire si nous dirigeons une partie de nos efforts du côté des piles à eau naturelle.

Les centrales nucléaires qui utilisent le graphite comme ralentisseur ne sauraient, à l'heure actuelle, faire concurrence aux centrales à eau naturelle, lorsqu'il s'agit de centrales de petite dimension, ni aux centrales à eau lourde, dans le cas des centrales de grande dimension, au Canada. Afin de rendre les piles modérées au graphite encore plus rentables, les Britanniques tentent de mettre au point l'usage du béryllium comme revêtement métallique du combustible, revêtement qui leur permettrait d'élever la température de l'appareil et, par conséquent, de faire un travail plus efficace. Cette initiative soulève d'énormes difficultés mais, pour tout dire, elle ne nous semble pas attrayante du point de vue économique.

Nous connaissons un essai encore plus audacieux, qui a pour objet de donner des résultats plus efficaces et qui s'accomplit pour cela à une température extrêmement élevée; il s'agit du DRAGON, que l'on a entrepris à Winfrith (Angleterre), sous les auspices de l'O.E.C.E. Ce modèle de pile modérée au graphite et à haute température comporte tant d'aspects nouveaux et non éprouvés que sa mise en fonctionnement exige un travail considérable. C'est une entreprise que nous nous bornerons à surveiller.

Notre meilleure ligne de conduite consiste donc à consacrer nos efforts au perfectionnement de la pile à eau lourde et à surveiller de près, comme par le passé, la mise au point des autres genres de piles, tout en nous tenant prêts à adopter le genre qui nous sera le plus utile.

Il existe un aspect où il y aurait matière à amélioration: c'est le choix du fluide qui transporte l'énergie thermique de la pile aux turbines. Dans la pile CANDU, le fluide conducteur de la chaleur est l'eau lourde. Même si l'eau lourde est le meilleur ralentisseur qui soit, elle n'est pas nécessairement le conducteur thermique le plus rentable. L'un des avantages de l'agent refroidisseur organique-liquide que l'on emploiera dans la centrale OCDRE, dont la *Canadian General Electric Company* dresse les plans, est justement d'être de coût modique. M. Lewis propose que l'on exploite plus à fond cette idée en se servant d'une partie du réacteur pour surchauffer la vapeur destinée à la turbine.

Ces trois dernières années, nous avons travaillé de concert avec la Direction de l'énergie atomique du Royaume-Uni à l'étude de plans de centrales modérées à l'eau lourde, qui emploient d'autres agents refroidisseurs pour transmettre la chaleur de la pile à la chaudière. Dans le premier de ces modèles, il s'agissait d'acide carbonique; dans le second, on faisait usage de vapeur sèche produite dans une chaudière à part; dans le troisième modèle, la vapeur devait être produite dans la pile même. Après une étude minutieuse de chaque cas, nous en sommes venus à la conclusion qu'aucune de ces piles ne présentait, du point de vue économique, beaucoup plus d'avantages que la pile CANDU. Toutefois, l'étude de la pile refroidie par vapeur sèche nous a fait songer aux avantages qu'il y aurait à faire usage de la vapeur humide. On appelle vapeur humide la vapeur qui contient une fine buée faite de gouttelettes d'eau. Si les calculs et les études que nous poursuivons actuellement se révèlent prometteurs, nous entreprendrons des expériences qui nous permettront de juger un comportement de la vapeur humide dans les conditions que présenterait une pile en marche.

Les diapositives que nous avons ici vous aideront à comprendre ce que nous entendons par le travail de mise au point en ce qui a trait au génie nucléaire. On y trouve des exemples des nombreuses expériences qui ont été faites ici, à Toronto, ainsi qu'à l'usine de la *Canadian General Electric Company*, à Peterborough, en vue de la mise au point des piles NPD et CANDU.

(Projection de diapositives montrant des expériences dans le domaine du génie nucléaire).

Notre travail comprend, outre les expériences de mise au point dans le domaine du génie, une autre partie importante qui consiste en travaux de recherche en physique nucléaire. Ces travaux ont trait à la fission nucléaire et aux phénomènes qui s'y rapportent, comme la capture des neutrons dans les diverses substances et pièces qui constituent la structure interne d'une pile nucléaire. Ces recherches nous fournissent les données fondamentales qui servent au calcul de la quantité d'énergie que doit donner le combustible et à déterminer l'agencement le plus avantageux du combustible, le fluide qui doit transmettre la chaleur, le ralentisseur et les autres pièces constituantes. Elles comprennent les expériences au cours desquelles les pièces composantes des piles sont réunies pour nous permettre d'y étudier les effets nucléaires. Ces expériences se poursuivent au moyen de deux de nos petites piles, soit la ZEEP et la ZED-2.

Nous disposons d'une troisième petite pile, la PTR, dont nous nous servons pour éprouver les propriétés des matières que l'on trouve dans la pile, comme l'eau lourde, le graphite, le zircaloy et l'aluminium et même le combustible. Nous l'utilisons en particulier pour étudier les changements qui se produisent dans le combustible au fur et à mesure que l'énergie en est extraite; ces renseignements nous permettent de calculer le nombre de mégawattjours par tonne que peut donner un combustible utilisé dans un modèle de pile déterminé.

Il y a plusieurs autres aspects à considérer dans les travaux de recherche et de mise au point que nous poursuivons en vue de produire de l'énergie à bon marché. Le travail de nos hommes de science, qui se livrent à la recherche fondamentale, est de première importance. Ces investigateurs assurent la diffusion des connaissances nouvelles qui permettent à la technologie nucléaire de progresser. Leur concours est précieux également sous un autre aspect, car on leur doit cette atmosphère de vitalité intellectuelle qui nous permet d'attirer à nos services de recherche en sciences expérimentales les esprits les plus brillants, ce qui stimule la discussion dont jaillissent de nouvelles idées.

Les travaux de recherche et de mise au point dans le domaine de l'énergie nucléaire se traduisent par des investigations concernant les nombreux problèmes que pose l'établissement des plans des futures piles. Au fur et à mesure qu'on trouve la solution des problèmes qui se posent, le travail progresse, lentement mais sûrement, vers la réalisation de modèles de génératrices nucléaires plus modernes et plus rentables.

de plus en plus, on a pu constater que les piles à vapeur humide fonctionnent dans des conditions de rendement et de durée de vie qui sont tout à fait satisfaisantes. Les piles à vapeur humide ont été étudiées par divers auteurs, notamment par M. G. H. S. et par M. J. L. G. H. S. Les résultats obtenus sont très intéressants et montrent que les piles à vapeur humide sont capables de fonctionner pendant de longues périodes de temps sans interruption.

Il y a plusieurs autres aspects à considérer dans les travaux de recherche et de mise au point que nous poursuivons en vue de produire de l'énergie à partir de nos piles à vapeur humide. Ces investigations sont en cours et nous espérons qu'elles nous permettront de réaliser des piles à vapeur humide qui seront capables de fonctionner pendant de longues périodes de temps sans interruption. Nous espérons également que ces investigations nous permettront de réaliser des piles à vapeur humide qui seront capables de fonctionner dans des conditions de rendement et de durée de vie qui sont tout à fait satisfaisantes.

Il y a plusieurs autres aspects à considérer dans les travaux de recherche et de mise au point que nous poursuivons en vue de produire de l'énergie à partir de nos piles à vapeur humide. Ces investigations sont en cours et nous espérons qu'elles nous permettront de réaliser des piles à vapeur humide qui seront capables de fonctionner pendant de longues périodes de temps sans interruption. Nous espérons également que ces investigations nous permettront de réaliser des piles à vapeur humide qui seront capables de fonctionner dans des conditions de rendement et de durée de vie qui sont tout à fait satisfaisantes.

Il y a plusieurs autres aspects à considérer dans les travaux de recherche et de mise au point que nous poursuivons en vue de produire de l'énergie à partir de nos piles à vapeur humide. Ces investigations sont en cours et nous espérons qu'elles nous permettront de réaliser des piles à vapeur humide qui seront capables de fonctionner pendant de longues périodes de temps sans interruption. Nous espérons également que ces investigations nous permettront de réaliser des piles à vapeur humide qui seront capables de fonctionner dans des conditions de rendement et de durée de vie qui sont tout à fait satisfaisantes.

Il y a plusieurs autres aspects à considérer dans les travaux de recherche et de mise au point que nous poursuivons en vue de produire de l'énergie à partir de nos piles à vapeur humide. Ces investigations sont en cours et nous espérons qu'elles nous permettront de réaliser des piles à vapeur humide qui seront capables de fonctionner pendant de longues périodes de temps sans interruption. Nous espérons également que ces investigations nous permettront de réaliser des piles à vapeur humide qui seront capables de fonctionner dans des conditions de rendement et de durée de vie qui sont tout à fait satisfaisantes.

Il y a plusieurs autres aspects à considérer dans les travaux de recherche et de mise au point que nous poursuivons en vue de produire de l'énergie à partir de nos piles à vapeur humide. Ces investigations sont en cours et nous espérons qu'elles nous permettront de réaliser des piles à vapeur humide qui seront capables de fonctionner pendant de longues périodes de temps sans interruption. Nous espérons également que ces investigations nous permettront de réaliser des piles à vapeur humide qui seront capables de fonctionner dans des conditions de rendement et de durée de vie qui sont tout à fait satisfaisantes.





CHAMBRE DES COMMUNES

Quatrième session de la vingt-quatrième législature

1960-1961

---

COMITÉ SPÉCIAL  
DES  
**RECHERCHES**



*Président:* M. J. W. MURPHY

---

PROCÈS-VERBAUX ET TÉMOIGNAGES

Fascicule 20

---

*ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED*

---

SÉANCE DU MARDI 16 MAI 1961

---

TÉMOINS:

M. Winnett Boyd, président de l'*Arthur D. Little of Canada Limited* et de l'*Atomic Energy of Canada Limited*; M. J. L. Gray, président, M. W. B. Lewis, vice-président et directeur de la Division des Recherches et de la mise au point; et M. G. C. Laurence, directeur de recherches, Division des recherches et de la mise au point des réacteurs.

ROGER DUHAMEL, M.S.R.C.  
IMPRIMEUR DE LA REINE ET CONTRÔLEUR DE LA PAPETERIE  
OTTAWA, 1961

25114-0-1

COMITÉ SPÉCIAL DES RECHERCHES

*Président:* M. J. W. Murphy

*Vice-président:* M. C. A. Best

et MM.

Aiken  
Batten  
Bissonnette  
Bourget  
Brunsdén  
\*Coates

Danforth  
Drysdale  
Dumas  
Forgie  
Godin  
McIlraith

Nielsen  
Nugent  
Pitman  
Slogan  
Stearns  
Stewart

*Le secrétaire du Comité:*  
J. E. O'Connor.

\*Remplacé le vendredi 12 mai 1961 par M. Crouse.

ORDRE DE RENVOI

VENDREDI 12 mai 1961.

Il est ordonné—Que le nom de M. Crouse soit substitué à celui de M. Coates sur la liste des membres du Comité spécial des recherches.

*Le greffier de la Chambre,*  
LÉON-J. RAYMOND.

## PROCÈS-VERBAUX

MARDI 16 mai 1961.  
(23)

Le Comité spécial des recherches se réunit aujourd'hui à 2 h. 35 de l'après-midi, sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents:* MM. Best, Brunsdén, Crouse, Danforth, Drysdale, Dumas, McIlraith, Murphy, Pitman, Stearns et Stewart.—11

*Aussi présents:* M. Winnett Boyd, président de l'*Arthur D. Little of Canada Limited*, de l'*Atomic Energy of Canada Limited*; M. J. L. Gray, président; M. D. Watson, secrétaire; M. W. B. Lewis, vice-président et directeur de la Division des recherches et de la mise au point; M. G. C. Laurence, directeur de recherches, Division des recherches et de la mise au point des réacteurs; et M. J. W. Greenwood, relations extérieures.

M. Boyd est présenté et donne lecture d'un long mémoire.

A 4 h. 45 de l'après-midi, la séance est suspendue jusqu'à 8 heures du soir.

### SÉANCE DU SOIR (24)

La séance est reprise à 8 h. 4 du soir, sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents:* MM. Best, Brunsdén, Crouse, Drysdale, Dumas, Godin, McIlraith, Murphy, Nugent, Pitman, Stearns et Stewart.—12

*Aussi présents:* Les mêmes témoins qu'à la séance de l'après-midi.

M. Gray fait quelques brèves observations sur divers points contenus dans le mémoire présenté par M. Boyd.

MM. Boyd, Gray, Lewis et Laurence sont interrogés sur le mémoire, et au cours de l'interrogatoire on mentionne la nomination possible d'un ministre afin de coordonner l'activité scientifique au Canada.

Le Comité étudie l'allégation selon laquelle il y a pénurie de personnel à la Commission de contrôle de l'énergie atomique, et examine également les rapports qui existent entre la Commission et l'*Atomic Energy of Canada Limited*.

Les membres du Comité se disent intéressés à connaître les conditions d'un contrat projeté entre la Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario et l'*Atomic Energy of Canada Limited* en ce qui concerne le projet CANDU à Douglas Point (Ontario).

Après qu'on eût posé d'autres questions au sujet des facteurs de sécurité dans le domaine de la radiation, le Comité s'ajourne à 10 h. 15 du soir pour se réunir de nouveau le jeudi 18 mai 1961 à 2 heures et demie de l'après-midi.

*Le secrétaire du Comité,*  
J. E. O'Connor.



## TÉMOIGNAGES

MARDI 16 mai 1961.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, nous sommes en nombre.

Nous avons avec nous aujourd'hui M. Winnett Boyd, président de l'*Arthur D. Little of Canada Limited*, de Toronto. Sont aussi présents M. Gray, président de l'*Atomic Energy of Canada Limited*, MM. Lewis, Laurence et Greenwood.

M. Boyd a préparé un mémoire dont on vous a sans doute distribué des exemplaires. Si vous êtes d'accord, M. Boyd donnera lecture du mémoire puis il vous sera loisible de faire des observations.

Monsieur Boyd, auriez-vous l'obligeance de nous faire part de vos antécédents afin de nous renseigner davantage à votre sujet?

M. WINNETT BOYD (président de l'*Arthur D. Little of Canada Limited*): Monsieur le président, j'ai ici des exemplaires d'un résumé personnel que nous pourrions distribuer aux membres du Comité s'ils le désirent.

Voici en bref quels sont mes antécédents: Je suis un Canadien de la quatrième génération. J'ai étudié le génie mécanique à l'Université de Toronto dont j'ai été diplômé en 1939. J'ai par la suite obtenu le diplôme supérieur d'ingénieur au *Massachusetts Institute of Technology*. J'ai été ensuite à l'emploi de l'ALCAN pendant trois ans en Guinée britannique, à Montréal et à Shawinigan.

Au cours de l'été de 1943 je me suis enrôlé dans la réserve volontaire de la Marine Royale Canadienne et à l'automne j'ai été détaché auprès du Conseil national de recherches pour aller exécuter des travaux d'un caractère secret en Angleterre. Il s'agissait de la mise au point d'un moteur à réaction. J'ai continué à poursuivre des travaux dans ce domaine pour le compte du Conseil national de recherches, des sociétés *Turbo Research Limited* et *A. V. Roe (Canada) Limited* jusqu'à la fin de 1950. Lorsque je travaillais pour cette dernière société j'avais la direction des travaux relatifs à la mise au point du premier moteur à réaction fabriqué au Canada, le Chinook, et j'ai également dirigé les travaux de mise au point du moteur Orenda dont on a fabriqué environ 4,000 unités.

En 1951, je me suis joint à la firme C. D. Howe, ingénieurs-conseils. Le Conseil national de recherches lui avait alors confié la tâche de mettre au point le réacteur NRU ainsi que tous les dispositifs connexes. J'ai dirigé l'équipe de la firme C. D. Howe jusqu'au mois d'août 1958.

Au cours du printemps de 1957 jusqu'au mois d'août 1958, j'ai travaillé avec quelques employés de la firme C. D. Howe à dresser les plans d'un réacteur avec système de refroidissement à gaz à haute température. Ce travail était financé par la société Orenda Engines qui est une filiale de la société A. V. Roe. Quand la société a décidé en août 1958 qu'elle ne pouvait plus financer ces travaux, on m'a confié les plans pour que j'en poursuive la mise au point comme bon me semblait.

La société que je dirige, *Winnett Boyd Limited*, a poursuivi les travaux à cet égard. En février 1960 je me suis joint à la société *Arthur D. Little Incorporated* de Cambridge afin d'établir sa filiale canadienne. Cette société s'est appropriée les droits de fabrication dans le monde entier du réacteur à système de refroidissement à gaz à haute température que nous avons mis au point quand je faisais partie de la société C. D. Howe.

Voilà en bref mes antécédents.

Le PRÉSIDENT: Auriez-vous maintenant l'obligeance de nous donner lecture du mémoire?

M. BOYD: Monsieur le président,

1. Aux termes du mandat du présent Comité, on vous a confié à vous et à vos collègues la tâche d'étudier la ligne de conduite, l'exploitation et les dépenses de trois organismes gouvernementaux importants et de faire rapport à l'occasion de vos observations et opinions sur ces questions.

2. Vous m'avez demandé de témoigner sur un de ces organismes, l'*Atomic Energy of Canada Limited* (AECL). D'après la façon de procéder habituelle vous avez d'abord entendu les témoignages des fonctionnaires supérieurs de qui relève d'abord cette société de l'État. Vous tentez maintenant d'obtenir une opinion impartiale en vous ménageant la collaboration des personnes qui ne sont pas au service de l'État et qui s'intéressent à l'activité de l'AECL.

3. Je n'ai pas l'intention de faire perdre le temps du Comité en parcourant de nouveau le vaste champ parcouru de façon si compétente pour votre gouverne en juin dernier par M. Lorne Gray, président de l'AECL. Je voudrais plutôt faire quelques observations à l'égard d'une des questions fondamentales qu'il a étudiée à cette occasion.

4. Étant donné que je formulerai des critiques, je veux tout d'abord déclarer que je n'ai pas l'intention de viser quelqu'un en particulier, que j'apprécie grandement mes relations avec plusieurs fonctionnaires de l'AECL et que je n'ai pas l'intention par mes observations de critiquer ni le présent gouvernement ni son prédécesseur. Je veux simplement donner mon opinion en ce qui concerne la ligne de conduite que devrait suivre dans l'avenir le Canada dans le domaine nucléaire.

5. Une des questions que je désire étudier brièvement au début de mes observations c'est la répartition souhaitable des responsabilités parmi les divers organismes de l'État et les organismes privés dans le vaste domaine de la science et de la technologie, en ce qui concerne surtout le domaine nucléaire. Avec tout le respect que je vous dois, il s'agit d'un sujet à l'égard duquel vous à titre de députés et de chefs de file êtes tout à fait en mesure de porter un jugement même si plusieurs parmi vous ne sont ni des scientifiques ni des ingénieurs.

6. A l'heure actuelle, il y a trois organismes du gouvernement du Canada qui s'intéressent au domaine nucléaire et il y a en outre plusieurs sociétés privées qui y sont intéressées et qui y travaillent activement. Au cours des années, la répartition des responsabilités parmi ces organismes n'a pas été très logique et il importe maintenant d'examiner de façon approfondie l'ensemble de la question.

7. A mon sens, des modifications se font sentir de façon pressante. Afin d'en démontrer le bien fondé, il est nécessaire de résumer la situation actuelle. La voici:

8. Tout d'abord il existe un Comité du Conseil Privé chargé des recherches scientifiques et industrielles. Si je comprends bien, ce Comité surveille l'activité des divers services de recherches des nombreux ministères et organismes du gouvernement fédéral.

9. Cette façon d'agir est très judicieuse mais je me demande si le temps n'est pas venu de rendre cette coordination officielle en nommant un ministre du cabinet qu'on pourra peut-être appeler le ministre de la science et du développement technique.

10. Je n'ai pas l'intention d'engager un débat avec les fonctionnaires à cet égard mais il me semble—et certains parmi vous y ont sans doute songé—

que plusieurs ministères poursuivant des recherches dans tant d'endroits, il y a risque que les efforts fassent double emploi et que des ressources soient gaspillées.

11. On pourrait résoudre ce problème en faisant relever la plupart de ces travaux d'un seul ministère dont le ministre aurait la responsabilité de faire rapport au parlement sur l'activité des divers groupes distincts des recherches comme l'AECL et le Conseil national de recherches (CNR).

12. Il serait également utile d'inclure dans les cadres du fonctionnarisme un nouveau sous-ministre senior qui serait un administrateur scientifique ou technique supérieur comme M. Mackenzie de la Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA) ou M. Steacie du CNR, ou M. Spinks, président de l'Université de la Saskatchewan.

13. Je prétends respectueusement, monsieur, que dans les circonstances actuelles le cabinet serait bien aise qu'un de ses membres soit en contact constant avec les opinions et l'activité des scientifiques et des ingénieurs canadiens. Le ministre lui-même pourrait posséder une formation scientifique ou technique, mais elle n'est pas essentielle.

14. Ce qui importe, c'est qu'un tel ministre, dans son activité journalière, soit constamment en contact avec ce qui se passe dans le domaine de la science et de la technologie. Il serait en mesure de faire part aux membres du cabinet qui prennent les décisions importantes en ce qui concerne la politique nationale du sens que comporte pour le pays l'activité de ce secteur.

15. Cette mesure s'impose de toute évidence. Il est peut-être prématuré de ma part de proposer qu'elle soit prise maintenant. Je ne le crois pas. Le cabinet britannique compte maintenant un tel ministre. Le président des États-Unis a un conseiller officiel scientifique qui accomplit une tâche semblable dans le cadre du régime différent du gouvernement exécutif de ce pays.

16. De nos jours, il importe souverainement que le gouvernement puisse connaître la portée des découvertes scientifiques et des progrès technologiques, qu'il puisse déterminer les secteurs où l'argent dépensé sera le plus utile et qu'il puisse commander le respect et la confiance des personnes impressionnables et très compétentes qui travaillent dans ces domaines.

17. Nous connaissons tous la hantise des éducateurs qui cherchent à enrichir le programme scientifique en vigueur dans nos écoles. Nous avons tous entendu de nombreuses observations sur l'importance plus grande que revêtent dans la société russe les scientifiques et les ingénieurs et sur le plus grand nombre de ses savants qui sortent chaque année des écoles russes. Il est clair que devant une telle situation vous êtes portés à étudier attentivement les mesures qui devraient être prises dans le secteur politique afin de promouvoir notre progrès scientifique et technique.

18. Je prétends respectueusement qu'une de ces mesures doit être l'établissement d'un ministère de la science et du développement technique ayant à sa tête un ministre du cabinet et au poste de sous-ministre un administrateur scientifique ou technique de marque.

#### CCEA

19. Le deuxième organisme qui s'occupe de questions du domaine de l'atome est la Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA) à laquelle il incombe, d'après les termes de la loi qui la régit, d'établir des règlements:

- a) encourageant et facilitant les recherches et enquêtes sur l'énergie atomique;
- b) développant, contrôlant, surveillant et autorisant, par permis, la production, l'emploi et l'usage de l'énergie atomique;

- c) concernant l'exploitation minière des substances prescrites et leur prospection;
- d) régissant la production, l'importation, l'exportation, le transport, le raffinage, la possession, la propriété, l'usage ou la vente de substances prescrites et de toutes autres choses qui, de l'avis de la Commission, peuvent être utilisées pour la production, l'usage ou l'emploi de l'énergie atomique;
- e) pour tenir des renseignements secrets concernant la production, l'usage et l'emploi de l'énergie atomique, et les recherches et enquêtes y relatives, selon que peut l'exiger l'intérêt public, de l'avis de la Commission;
- f) régissant la coopération et le maintien de relations, par l'intermédiaire d'organisations internationales ou autrement, avec les savants d'autres pays ou avec d'autres pays en ce qui concerne la production, l'usage, l'emploi et le contrôle de l'énergie atomique, et les recherches et enquêtes sur cette dernière; et
- g) concernant les questions générales que la Commission peut juger nécessaires à l'exécution des dispositions ou à la réalisation des objets de la présente loi.

20. En langage ordinaire, la tâche fondamentale de cette Commission est de réglementer les affaires nucléaires—d'accorder des permis de construction de centrales d'énergie nucléaire—d'étudier la sécurité des plans relatifs aux centrales d'énergie nucléaire—et d'établir des règlements en vue d'assurer la sécurité du public en général et des employés travaillant dans des endroits où la radiation peut constituer un danger.

21. Afin d'accomplir cette tâche considérable et très importante, la Commission peut compter sur ses propres membres, tous des personnes éminentes, dont quelques-unes sont des scientifiques, mais non pas en assez grand nombre pour accomplir cette tâche seules.

22. Par conséquent, quand il s'agit de décider si on doit accorder un permis à une centrale d'énergie comme la centrale de Douglas Point, la Commission doit demander la collaboration à ce puits de science atomique qui constitue le troisième organisme du gouvernement s'occupant de questions du domaine de l'atome, l'*Atomic Energy of Canada Limited* (AECL).

#### AECL

23. L'AECL a d'abord été formée pour s'occuper de l'activité du Conseil national de recherches en matière de recherches nucléaires. Elle aide également la Commission de contrôle à accomplir sa tâche de réglementation. A mon avis, ces deux tâches, et celles qui en découlent, comme la production et la vente d'isotopes radio-actifs à des fins de médecine et de recherche, constituent les fonctions propres et légitimes de l'AECL.

24. Cependant, l'activité de l'AECL ne s'arrête pas là. Elle voit à l'heure actuelle à la conception, la mise au point et l'aménagement de centrales d'énergie nucléaire au Canada et de réacteurs de recherche à l'étranger. A mon sens, ces tâches n'incombent pas à proprement parler à cet organisme.

25. Je me fonde sur quatre raisons pour prétendre que ni l'AECL ni aucun autre organisme du gouvernement fédéral ne devrait s'adonner à des travaux de génie dans le domaine de l'énergie nucléaire, et j'aimerais les exposer plus longuement.

#### Précédents

26. Tout d'abord, le fait que le gouvernement effectue les travaux de recherche, de génie et de mise au point peut se fonder sur des précédents dans des secteurs complexes analogues. Cependant, si les connaissances dans ce

domaine se sont étendues et si un nombre suffisant d'ingénieurs en connaît les applications pratiques, le gouvernement a l'habitude de laisser de côté l'aspect des travaux de génie et de mise au point tout en continuant à s'occuper de la recherche et de la réglementation.

27. Deux précédents surgissent à l'esprit, et qui ont été posés tous deux en Angleterre, c'est-à-dire dans un pays où le régime de libre entreprise n'est pas aussi fermement établi qu'au Canada.

28. Environ dix années avant la Seconde Guerre mondiale, sir Frank Whittle avait découvert le principe du moteur à réaction. Quand il eut mis son idée à exécution en 1939, le gouvernement s'appropriä la société *Power Jets Limited*, que Whittle et deux de ses collègues avait fondée pour mettre au point son moteur.

29. Quand le moteur eut parcouru les premiers stades de l'élaboration et qu'il fut évident qu'on pourrait l'utiliser de plusieurs façons dans le domaine militaire et commercial, le gouvernement en confia la mise au point et les travaux de génie à l'industrie privée, et continua à s'occuper de la recherche et de la réglementation. On a suivi le même processus général au Canada dans le domaine du moteur à réaction. C'est le CNR et plus tard la société de l'État Turbo Research Limited qui ont exécuté les premiers travaux de notre programme de recherches et de mise au point. Quand on a décidé de concevoir, mettre au point et fabriquer dans notre pays un moteur entièrement canadien, la tâche en a été confiée à la société A. V. Roe Canada Ltd., et le CNR ne s'adonna plus qu'à la recherche pure.

30. Le second précédent a été posé dans le domaine de l'énergie nucléaire. Quand les britanniques ont décidé de travailler à la mise au point de l'énergie nucléaire, ils ont établi la division industrielle de l'Administration de l'énergie atomique aux fins de dresser les plans d'un prototype; il s'agissait de la centrale de Calder Hall qui jouit maintenant d'une renommée enviable.

31. Après avoir atteint d'heureux résultats, l'Administration avec sagesse confia la responsabilité de la conception, de la mise au point et de la construction de toutes les centrales commerciales d'énergie éventuelles de ce type général à l'industrie privée. Au moins sept\* centrales d'énergie importantes d'une moyenne de 430,000 kw. chacune sont maintenant parachevées par l'industrie privée.

32. D'aucuns peuvent dire que nous faisons la même chose au Canada. Mais, à mon avis, ce n'est pas le cas et en réalité nous avons mis la charrue devant les bœufs. Les plans du prototype NPD-2 sont dressés par la société Canadian General Electric et la centrale d'énergie complète de Douglas Point comprenant un réacteur CANDU est conçu par la division des centrales d'énergie nucléaire de l'AECL. Ne serait-il pas préférable et plus logique si l'AECL faisait porter ses efforts sur la mise au point complète du prototype NPD-2 et laissait à l'industrie privée la tâche de la conception des centrales commerciales d'énergie?

### *L'aspect économique*

33. La seconde raison pour laquelle je prétends que l'AECL ne devrait pas effectuer de travaux techniques dans le domaine de l'énergie nucléaire est fondée sur les motifs plus fondamentaux, c'est-à-dire sur des motifs d'ordre économique.

34. Il fallait que les travaux de base dans le domaine de la recherche et de la mise au point à l'égard de l'énergie nucléaire, soient effectués par le gouvernement. Ces travaux étaient dispendieux et les résultats en étaient incer-

\*Ce sont les centrales de Berkeley (275 Mw), Bradwell (300 Mw), Hunterston (325 Mw), Hinkley Point (500 Mw), Trawsfynydd (500 Mw), Dungeness (550 Mw) et Sizewell (550 Mw).

tains. Maintenant qu'on a découvert comment utiliser de façon pratique et pacifique les résultats de ces travaux de recherches, c'est-à-dire pour la production de l'électricité, on devrait tenir compte davantage des frais en cause.

35. Les équipes d'ingénieurs qui effectuent des travaux à l'égard des réacteurs NPD-2 et CANDU sont certainement dans ce cas. A la vérité, ils sont surveillés de près à cet égard par ce scientifique très compétent qu'est M. Lewis qui a inspiré ces deux projets et qui continue de voir en grande partie à leur réalisation. Mais à mon avis, messieurs, cette hantise du coût s'inscrit dans des cadres trop étroits, et j'aimerais étudier ce sujet de façon plus approfondie.

36. Les scientifiques sont des explorateurs dans le domaine de la science. Les ingénieurs appliquent leurs découvertes à l'avantage de l'humanité.

M. Steacie a parlé dans les mêmes termes à l'émission de Radio-Canada «The Nature of Things» le 4 décembre 1960. La valeur des travaux accomplis par un scientifique peut rarement être estimée à prix d'argent; c'est le barème qui prévaut toujours dans le cas des travaux accomplis par un ingénieur. Des décisions d'ordre scientifique doivent souvent être prises sans qu'on tienne compte de leur valeur économique immédiate, si tant est qu'elle existe; les décisions dans le domaine des travaux de génie ne peuvent jamais jouir d'une telle liberté.

37. La décision d'utiliser seulement l'eau lourde comme agent modérateur\*\* pour l'exécution du programme canadien en matière de réacteurs de puissance a été prise surtout par des scientifiques, sans doute parce que l'eau lourde est douée de certaines propriétés très intéressantes dans le domaine nucléaire. Son utilisation semblait laisser envisager la construction d'un réacteur très «élégant», mais elle fit également surgir certains problèmes de génie très importants. Ils pourront sans doute être réglés mais seulement, à mon sens, en fonction de dépenses très considérables.

38. Dans un rapport de l'AECL intitulé «étude poursuivie au Canada visant à l'aménagement d'une centrale d'énergie nucléaire complète», on affirme sans ambages que la décision visant à ne considérer que l'eau lourde comme agent modérateur a été prise avant qu'ait commencé l'étude relative aux travaux de génie\*\*\*. L'étude porte la date de janvier 1958.

39. A la page 12 dudit rapport apparaît la phrase suivante:

Au début la seule restriction apportée à cette étude (celle du centre d'énergie nucléaire situé à Chalk River) a été la décision voulant que les réacteurs dont on envisageait l'aménagement seraient *modérés à l'eau lourde*.

Plus loin, à la page 28, on trouve la phrase suivante:

On a décidé que l'eau lourde servirait d'agent modérateur avant de commencer l'étude relative au centre d'énergie nucléaire, et on n'a pas songé à l'emploi d'autres agents.

40. Enfin, à la page 44 sous le titre «études entreprises» on trouve la phrase suivante:

Les diverses études avaient trait aux réacteurs hétérogènes utilisant l'uranium comme carburant combustible, l'eau lourde comme agent modérateur et l'eau pressurisée comme agent refroidisseur.

41. Outre les citations précitées, une autre déclaration encore plus explicite figure dans l'exposé présenté à la conférence de Genève de 1958 par M. Harold A. Smith et ses collègues. Cette déclaration est ainsi conçue:

*Études entreprises au cours de la période 5519-1958*

5. Les seules études entreprises au cours de cette période ont visé les réacteurs hétérogènes utilisant l'uranium comme carburant combustible,

\*\*Un agent modérateur est la substance qui dans un réacteur nucléaire diminue la vitesse des neutrons aux fins de permettre une réaction caténaire contrôlable.

\*\*\*Rapport de l'AECL n° 557.

l'eau lourde comme agent modérateur et l'eau pressurisée comme agent refroidisseur. On s'est tenu à ces seules études afin de pouvoir préparer une proposition le plus tôt possible avec les moyens dont on disposait.\*

42. D'après ces déclarations, il semble que l'AECL n'a jamais vraiment étudié de façon impartiale du point de vue des travaux de génie les divers types de réacteurs envisagés afin de choisir celui qui serait à l'avantage du Canada. Les scientifiques exigeaient toujours que l'agent modérateur soit l'eau lourde, et ils ont semblé dernièrement prétendre qu'il était pressant que le Canada adopte complètement leur programme.

43. Permettez-moi de vous demander, messieurs, si c'est bien là la façon d'établir les assises solides d'un projet qui coûtera plusieurs millions? Est-ce de cette façon qu'on pourra produire de l'énergie nucléaire au Canada de façon vraiment rentable?

44. Je ne le crois pas. C'est comme si on demandait à un ingénieur de construire une voiture de marque Cadillac de la façon la moins dispendieuse mais de la construire en platine. Et je soutiens que les ingénieurs qui font partie des équipes travaillant à la construction des réacteurs NPD-2 et CANDU sont talonnés par les scientifiques en vue de réduire leurs frais dans l'espoir que le système d'eau lourde préconisé par ces derniers puisse devenir une réalité pratique et rentable.

45. Je n'ai aucun doute que ces équipes pourront concevoir des centrales d'énergie nucléaire dont l'agent modérateur serait de l'eau lourde en vue de produire de l'électricité. Ils seront certainement en mesure de le faire. C'est le prix qui constitue un problème. Et je crains qu'étant donné la restriction fondamentale que se sont imposés les scientifiques de l'AECL à eux-mêmes et aux équipes d'ingénieurs, le Canada se voie dans l'obligation d'affecter sans aucune nécessité des sommes considérables pour régler le problème posé par l'énergie nucléaire.

46. Si cela se réalise avec le temps, le Canada aura dépensé des centaines de millions de dollars pour aménager une centrale d'énergie nucléaire d'une certaine élégance du point de vue scientifique mais dispendieuse sans nécessité et par conséquent tout à fait inutile. Où cela nous mènera-t-on? Dès 1965, on pourra envisager dans le sud de l'Ontario la possibilité d'obtenir de l'énergie atomique à un prix raisonnable, ou on sera obligé d'aménager en vitesse d'autres centrales génératrices fonctionnant au charbon, qui devront s'approvisionner en charbon des États-Unis durant toute la durée de leur exploitation. Il faudra un montant de plus en plus considérable de devises canadiennes pour acheter ce charbon, ce qui nous asservira encore plus étroitement aux États-Unis dans le domaine économique.

47. Il sera trop tard en 1965 pour admettre que nous avons eu tort. Il sera trop tard pour recommencer de nouveau en utilisant d'autres conceptions. Le prestige du Canada dans le monde aura également subi une baisse considérable.

48. En outre, s'il apparaît en 1965 que nous avons réglé le problème en dépensant beaucoup d'argent sans nécessité, l'AECL sera grandement tentée de cacher son erreur.

49. Il se peut qu'elle le fasse en vendant de l'énergie à l'Hydro-Ontario au taux courant malgré son véritable coût. D'autre part, il se peut qu'elle vende la centrale de Douglas Point à l'Hydro-Ontario à un prix arbitraire, et fasse croire au public ainsi qu'à vous, messieurs, que le solde du coût correspond à des dépenses aux fins de recherches.

50. J'ignore si cela arrivera, je ne fais que la supposer; mon ami, Lorne Gray, a déjà démontré que cette hypothèse était possible.

\*Cet exposé à la conférence porte le numéro A-CONF/15/p/208 et le numéro 618 de l'AECL. Il porte la date de septembre 1958.

51. A la page 194 du compte rendu des délibérations du Comité spécial des recherches, lors de la dernière session, M. Gray répond ainsi aux questions que lui pose M. MacLellan:

M. MACLELLAN: Pour ce qui est de la centrale de Douglas Point, je ne parviens pas à comprendre une chose. D'après vous, les optimistes prédisent que cette centrale sera économique en 1965, tandis que les pessimistes font mention de 1970. Pourtant, à la page 18, vous laissez entendre qu'une fois la centrale de Douglas Point terminée, l'Hydro-Ontario en fera l'acquisition lorsqu'on aura prouvé que la centrale peut fonctionner avec succès—période d'essai que l'on estime à trois années. Vous faites remarquer que l'Hydro-Ontario verserait un prix de vente qui lui permettrait de produire l'énergie de façon à soutenir la concurrence de l'énergie produite avec le charbon. Prétendez-vous qu'en moins de trois années la centrale de Douglas Point produira de l'énergie au même coût que l'énergie produite grâce au charbon?

M. GRAY: Le combustible coûtera beaucoup moins cher que le charbon, et, par conséquent, les prix de revient de la centrale seront considérablement inférieurs à ceux d'une usine analogue alimentée au moyen de charbon. Mais les dépenses d'immobilisation sont plus élevées. Le gouvernement absorbera les dépenses d'établissement supplémentaire qui seront imputées au chapitre des frais de recherches et d'aménagement.

M. MACLELLAN: La centrale de Douglas Point sera donc aménagée aux frais du gouvernement fédéral?

M. GRAY: Oui.

M. MACLELLAN: Je serais porté à croire que les dépenses d'immobilisation seraient incorporées au contrat de vente conclu entre le gouvernement fédéral et l'Hydro-Ontario. Voulez-vous dire que l'Hydro-Ontario ne fera pas l'acquisition de la centrale avant que les frais, y compris les frais d'établissement, équivalent aux frais qu'entraînerait la production d'énergie si l'on utilisait le charbon comme combustible?

M. GRAY: En chiffres ronds, la première centrale coûtera 80 millions de dollars, et la seconde, 60 millions, mettons. Je pense que l'Hydro-Ontario nous versera environ 60 millions de dollars, mais non le plein montant de 80 millions. En réalité, le solde de 20 millions est donc affecté à la recherche et à l'aménagement, y compris l'aménagement industriel. Toutes ces modalités seront établies dans la formule de répartition des frais.

M. MACLELLAN: En d'autres termes, l'Hydro-Ontario paiera ce qu'elle paierait vraisemblablement pour une centrale thermique qui lui permettrait de produire la même quantité d'électricité, n'est-ce pas?

M. GRAY: Non. Elle versera un prix qui lui permettra de produire l'énergie à 5.5 millièmes de dollar par kilowatt-heure, mettons. Dans le cas de l'électricité produite au moyen de charbon, les frais de combustible sont de l'ordre de 3 à 3½ millièmes de dollars par kWh. A Douglas Point, le combustible ne coûtera qu'un millième de dollar par kWh. Par conséquent, l'Hydro-Ontario pourra déboursier davantage à l'égard des dépenses d'immobilisation de la centrale de Douglas Point que dans le cas d'une usine alimentée de charbon. (Les soulignés sont de moi.)

52. Même si M. Gray a répondu de façon assez détaillée, un point ressort très clairement de ses déclarations. La première centrale d'énergie nucléaire est censée coûter environ 80 millions mais sera vendue à un prix de 60 millions et les dépenses d'établissement supplémentaires de 20 millions seront imputées au chapitre des frais de recherches et d'aménagement. De l'avis de M. Gray, la deuxième centrale pourra être construite au prix de 60 millions.

53. Il se peut que ce soit là ce qui se produise et je ne mets aucunement en doute la sincérité de Lorne Gray quand il dit qu'à son avis la deuxième centrale coûtera 60 millions. Je prétends seulement qu'il vaudrait peut-être la peine d'examiner si la subvention que le gouvernement fédéral versera peut-être à l'Hydro-Ontario peut vraiment être justifiée pour combler des dépenses imputées au chapitre des frais de recherches et d'aménagement.

M. BRUNSDEN: Monsieur le président, pourrions-nous arrêter là la lecture du mémoire?

Le PRÉSIDENT: Monsieur Brunsdén, je pense qu'il est important que le mémoire soit lu en entier.

Des VOIX: Oui, oui.

Le PRÉSIDENT: Il s'agit d'un mémoire très important, monsieur Brunsdén, et je suppose qu'on voudra y répondre. J'étais pour demander au témoin de le lire plus rapidement, mais je crois qu'il l'a lu assez vite jusqu'ici.

M. BRUNSDEN: Il me semble qu'on a donné les points essentiels du mémoire.

Le PRÉSIDENT: Non, le témoin n'est pas encore dans le vif de son sujet. Je n'ai pas parcouru tout le mémoire, mais jusqu'ici chaque page du mémoire revêt une certaine importance pour tous les membres du Comité.

M. DANFORTH: Je préfère qu'on donne lecture du mémoire.

Le PRÉSIDENT: Monsieur Brunsdén, si vous n'y voyez pas d'objection, nous demanderons au témoin de poursuivre la lecture du mémoire.

M. BOYD: Puis-je continuer la lecture, monsieur le président?

Le PRÉSIDENT: Allez-y.

M. BOYD:

54. Évidemment la construction de la centrale d'énergie de Douglas Point est à peine commencée et tous les problèmes de génie sont loin d'être résolus. Par conséquent il est difficile pour M. Gray ou pour quiconque de faire plus que des prévisions. Mais, à mon avis, une analyse soignée des prévisions déjà publiées pourrait être très révélatrice. J'en ai donc ajouté la liste au présent mémoire, et je les commenterai plus tard.

55. Malheureusement, il semble que l'AECL se soit engagée à vendre l'énergie à l'Hydro-Ontario à un prix déterminé, même si elle ne sait pas très bien quel sera le montant de ces frais.

56. Il semble également que le prix que versera l'Hydro-Ontario à l'égard de la première centrale sera le même pour les autres centrales. Par conséquent, si la subvention relative aux frais d'établissement qui est versée pour combler le coût de la centrale de Douglas Point ne sert pas seulement à combler des frais de recherche et d'aménagement, mais si elle est destinée à permettre à l'AECL de ne pas dévoiler qu'elle a fait des dépenses considérables sans nécessité, et ses propres chiffres le démontrent, les contribuables canadiens subventionneront en réalité les consommateurs du sud de l'Ontario à l'égard du coût de leur électricité.

57. Je suppose que toutes les personnes présentes dans cette pièce et à la vérité la plupart des Canadiens bien pensants, sont maintenant d'avis que les régions plus prospères du Canada doivent nécessairement partager leurs richesses avec les régions moins favorisées de la nature. Cependant il me semble inconcevable d'invoquer ce principe pour subventionner le coût de l'électricité des industries et des consommateurs du sud de l'Ontario. On pourrait tout aussi bien affirmer qu'au lieu d'avoir à résoudre toutes ces difficultés, le gouvernement pourrait subventionner davantage les houillères de la Nouvelle-Écosse afin de pouvoir utiliser ce charbon de façon rentable en Ontario aux fins de la production d'énergie.

*Le motif de la sécurité*

58. Monsieur le président, mon premier argument était fondé sur des précédents, mon deuxième sur l'économie, et mon troisième a trait à la sécurité.

59. Nous avons déjà constaté que la Commission de contrôle n'est pas entièrement en mesure d'accomplir ses fonctions qui ont trait à la délivrance des permis et à la réglementation. Elle doit faire appel aux services de l'AECL.

60. Sans aucun doute, l'honnêteté et la pureté d'intention présideront toujours à l'octroi de cette aide. Il n'y a également aucun doute que cette dernière puisse être influencée ou involontairement impartiale, surtout lorsque les ingénieurs de l'AECL ont élaboré les plans qui sont présentés à la CCEA pour approbation.

61. Messieurs, je dois vous avouer que je m'inquiète de la sécurité des centrales de Rolphton et de Douglas Point. J'espère que mon inquiétude est mal fondée, mais que j'aie tort ou raison au sujet des plans dressés à l'égard de ces centrales, je soutiens fortement qu'il existe entre l'AECL et la Commission de contrôle un conflit d'intérêt qui à la longue causera inévitablement des problèmes.

62. A titre d'ingénieurs, il nous faut toujours en arriver à des compromis qui sont habituellement d'ordre technique et économique et qui ne visent pas directement la sécurité. Cependant, à l'occasion, certains compromis touchent la sécurité publique et dans ce cas il y a toujours un organisme régulateur indépendant qui doit y voir. Par exemple, on pourrait améliorer la rentabilité de l'exploitation des avions si on pouvait augmenter leur charge utile en apportant de faibles réductions aux éléments qui ont présidé à l'élaboration de leurs plans et à la sécurité de leur fonctionnement. Cependant, il en résulterait inévitablement un plus grand nombre d'accidents et voilà pourquoi il existe un organisme régulateur pour s'assurer que les ingénieurs ne prennent pas de liberté avec les exigences de la sécurité, et qu'ils sachent tracer la ligne de démarcation au bon endroit.

63. Dans le cas des centrales NPD-2 et CANDU il existe entre la sécurité et la rentabilité du fonctionnement un conflit direct qui n'existe pas dans le cas de centrales d'un autre type. C'est parce qu'il s'agit de réacteurs qui fonctionnent sur le principe des tuyères pressurisées. Dans un réacteur de ce genre, ce qui enveloppe la pression, c'est-à-dire la structure qui contient tout le carburant, les éléments radio-actifs et l'eau à haute pression, traverse le réacteur plutôt de l'envelopper. Ainsi, pour améliorer le facteur de la sécurité d'ensemble de cette enveloppe il faudrait que les tuyères à pression (de même que toutes les autres parties de l'enveloppe, évidemment) soient plus solides, c'est-à-dire plus épaisses. Malheureusement, il en découlerait l'introduction dans le réacteur d'une plus grande quantité de matières parasitiques, ce qui réduirait sensiblement son rendement et augmenterait de façon notable ses frais de carburant. Voilà sans doute pourquoi ceux qui ont conçu le réacteur se sont entendus avec la Division de l'inspection des chaudières du ministère du Travail de l'Ontario pour qu'on réduise le facteur de sécurité du chiffre habituel de quatre à seulement trois en ce qui concerne les tuyères pressurisées du NPD-2.\* Par conséquent, en prenant des libertés avec les facteurs habituels de sécurité régit par le code des chaudières à pression, l'usine de Chalk River a pu dresser les plans d'un réacteur qui en théorie semblent avoir des possibilités économiques attrayantes. Cependant, n'importe qui peut faire la même chose. Tout dépend des libertés qu'on est disposé à prendre avec des codes de sécurité établis depuis longtemps.

\*Nucleonics, octobre 1960, p. 96.

64. Messieurs, je vous le demande, êtes-vous disposés à ce que la marge de sécurité d'un réacteur nucléaire soit inférieure à celle d'une chaudière ordinaire qui fonctionne sous pression? Étant donné qu'une centrale d'énergie nucléaire constitue une nouvelle installation qui n'a pas encore fait ses preuves, même si elle est munie de tous les dispositifs possible de sécurité, êtes-vous disposés à prendre le risque supplémentaire tout à fait inutile que pose ce facteur de sécurité inférieure?

65. Nous, ingénieurs et scientifiques, avons tendance tout à fait involontairement, même si nous pratiquons notre art avec toute l'honnêteté intellectuelle désirable, à nous laisser conduire par les sentiments devant nos œuvres et à aller jusqu'à ne pas en constater les lacunes. Par conséquent, il faut que nous fassions l'objet d'une réglementation et d'une surveillance, surtout quand les dangers que peut courir le public sont d'une telle importance comme dans le cas de la fission nucléaire contrôlée.

66. A mon humble avis, il reste beaucoup à faire dans ce domaine au Canada.

67. Le problème va également aller en s'aggravant. A l'heure actuelle il y a un très petit nombre de sources importantes de radiation au Canada et la plupart sont situées à Chalk River. Cependant, qu'en sera-t-il dans l'avenir?

68. Un nombre de plus en plus grand de centrales nucléaires seront aménagées dans les régions les plus peuplées du pays. Quelles règles doit-on établir pour assurer que les plans dressés permettent une sécurité suffisante? Quel règlement doit-on établir pour assurer la sécurité des employés de ces centrales? Quel règlement doit-on établir afin de protéger les gens qui habitent près de ces centrales? Quel règlement doit-on établir aux fins de l'indemnisation des employés ou des citoyens blessés? Comment disposer des déchets radioactifs, des débris hautement délétères pouvant causer le cancer, et qui sont le propre de l'ère nucléaire?

69. J'ai à l'égard de certaines de ces questions certaines opinions dont j'aimerais faire part à un organisme compétent. Par ailleurs, je m'intéresse également à la question des centrales d'énergie nucléaire. Je suis un de ceux qui causeront les problèmes et donc un de ceux que vous devrez réglementer, ce dont je ne doute pas.

70. Malheureusement, mes amis de Chalk River sont dans le même bateau que moi. Par conséquent, j'aimerais qu'ils n'aient pas à s'occuper de dresser les plans des centrales d'énergie nucléaire afin qu'en outre de leurs travaux de recherche ils puissent aider de façon désintéressée la CCEA à assurer la protection des employés et du public dans cette ère nucléaire qui est la nôtre.

71. Avant de laisser cette question de la sécurité j'aimerais vous raconter une courte histoire qui illustre bien cet aspect de mon mémoire.

72. A la fin des années 20 on s'intéressait grandement dans le monde entier à la construction de dirigeables rigides, appelés communément aéronefs. On croyait encore dans certains milieux de l'Angleterre que l'établissement de leurs plans et leur mise au point pouvaient s'effectuer plus facilement dans les établissements de l'État. Par conséquent, afin de déterminer la meilleure façon d'entreprendre la conception et la mise au point des aéronefs, le gouvernement du Royaume-Uni établit un concours entre son centre d'aéronefs Cardington et une société privée, qui tous deux devaient établir les plans d'aéronefs selon les mêmes devis fondamentaux. Cependant, aux termes de l'entente on fit la lamentable erreur de confier l'inspection tant de leurs propres plans que de ceux de leurs concurrents au groupe de Cardington.

73. Le R-100 a été conçu et construit par la société Vickers. C'est le premier aéronef qui fut en mesure de fonctionner et il vola avec succès au

Canada aller et retour. Le R-101 a été conçu et construit à Cardington mais sa mise au point fut plus lente. L'équipe de Cardington et surtout le gouvernement étaient très désireux d'accomplir un exploit spectaculaire; par conséquent, ils ont décidé prématurément que l'aéronef ferait une envolée jusqu'en Inde, envolée qui avait une certaine importance politique.

74. Cette envolée fut entreprise malgré une certaine lacune connue dans la conception et la construction qui aurait pu et aurait dû être mise en lumière si on n'avait pas tenu à les cacher. Malheureusement, on ne l'a pas fait et le R-101 s'écrasa en flammes au-dessus de la France entraînant 48 morts, y compris tous les officiers de l'aéronef, tous les fonctionnaires supérieurs qui se trouvaient à bord, la plupart des principaux dessinateurs et le secrétaire d'État de l'Air.

75. Ce fait est raconté dans l'autobiographie du romancier contemporain bien connu, feu Nevil Shute, dans son livre intitulé «SLIDE RULE». Au cours de presque toute sa vie laborieuse, Nevil Shute, que nous connaissons comme étant un romancier a été en réalité un ingénieur aéronautique dont la société a été acquise par DeHavilland vers 1940. Cette autobiographie est brève et je vous en conseille fortement la lecture. Toute personne qui s'intéresse au problème de la régie et de la direction politique des travaux et des contrats scientifiques et mécaniques y trouverait certainement beaucoup d'avantages à le lire.

76. Mon troisième argument est que pour des raisons de sécurité il serait désirable que le gouvernement se libère des travaux pratiques de conception et de génie dans le domaine de l'énergie nucléaire, afin qu'il puisse se consacrer de façon impartiale à l'accomplissement des tâches de plus en plus importantes de la réglementation, de la délivrance des permis à l'égard des applications commerciales de l'énergie nucléaire mises au point par l'entreprise privée.

#### *Cartel*

77. Enfin, monsieur le président, je prétend que nous devrions aussitôt que possible prendre les mesures nécessaires pour distinguer le secteur de la recherche de celui des travaux de génie, afin de nous assurer que prenne fin le dangereux monopole de l'AECL qui fait porter tous ses efforts sur un seul facteur du domaine de l'énergie nucléaire.

78. Il me semble que l'erreur de la ligne de conduite actuelle de l'AECL c'est qu'elle n'a pas examiné de façon assez approfondie les diverses autres façons de procéder qui se présentaient. Elle l'a même admis dans un de ses rapports, comme je l'ai mentionné, et il semble que les raisons de cette attitude remonte loin dans l'histoire des découvertes nucléaires.

79. En 1939, les milieux scientifiques ont constaté qu'il était possible de fabriquer une bombe atomique. Au début de 1940, les États-Unis de concert avec certains de leurs alliés, a entrepris la réalisation d'un programme visant à la production d'une telle bombe. Il fallait fabriquer des matières pouvant être susceptibles de fission, soit de l'uranium 235 ou du plutonium 239. Il fallait que l'uranium soit séparé de l'uranium naturel dans une usine d'enrichissement. Le plutonium 239 pouvait être produit à base d'uranium fertile 238 dans un réacteur d'uranium naturel et ensuite séparé de cet élément par des moyens chimiques de transformation. Les Américains ont essayé les deux méthodes avec succès.

80. Pour ce qui est de l'usine d'enrichissement on a examiné diverses méthodes et celle de la diffusion gazeuse a été adoptée.

81. On ne pouvait choisir que deux genres de réacteurs pour l'uranium naturel: un réacteur dont l'agent modérateur serait le graphite et un autre dont l'agent modérateur serait l'eau lourde.

82. Étant donné que le graphique était bon marché, qu'il existait en quantité abondante et qu'il était facile de s'en procurer, les Américains ont choisi de l'employer à cette fin.

83. D'autre part, les Anglais préféraient l'eau lourde à cause de ses propriétés nucléaires plus favorables, mais cette matière précieuse était presque inexistante chez eux. Par ailleurs, le Canada possédait une bonne source d'hydrogène électrolytique à Trail (C.-B.) dont on pouvait tirer de l'eau lourde en petite quantité.\*

En outre, l'Angleterre subissait quotidiennement les attaques des ennemis et voilà pourquoi une entente a été conclue sans délai entre les gouvernements du Canada, du Royaume-Uni et des États-Unis en vue de continuer au Canada les travaux entrepris au Royaume-Uni sur l'eau lourde, avec l'aide de la plupart des employés déjà affectés à cette tâche. Il est heureux que la matière essentielle à ce travail, les seules réserves mondiales d'eau lourde, obtenues de la Norvège en 1939 par le professeur Joliot-Curie, de France, ait été sorties de France en juin 1940 juste avant l'invasion des Allemands qui y étaient également très intéressés.

84. Voilà comment est né le programme nucléaire du Canada relevant du Conseil national de recherches, établi d'abord à l'Université de Montréal et plus tard à Chalk River. Une société de l'État, Atomic Energy of Canada Limited, a été instituée en 1952 pour remplacer le Conseil national de recherches et en poursuivra les travaux.

85. A la fin de la guerre, les Américains utilisaient des réacteurs ayant le graphite comme agent modérateur pour la production du plutonium devant servir à la fabrication de la bombe et le Royaume-Uni et le Canada travaillaient à la mise au point d'un réacteur avec l'eau lourde comme agent modérateur, AUX MÊMES FINS.

86. Le réacteur produisant du plutonium et dont l'agent modérateur était l'eau lourde a été mis au point avec succès à Chalk River. Les États-Unis ont bientôt reconnu que c'était le meilleur au monde à cette fin. Ainsi, quand ce pays a aménagé sa nouvelle usine de production de plutonium à la rivière Savannah, il a utilisé des réacteurs à l'eau lourde fabriqués sur le modèle du fameux réacteur NRX de Chalk River. Il a ensuite construit une usine considérable pour la production de l'eau lourde et a mis fin à l'exploitation de l'usine de Trail, qui lui appartenait également.

87. Le Royaume-Uni qui n'avait aucune installation pour produire de l'eau lourde, et qui devait entreprendre son propre programme nucléaire bien avant le parachèvement de l'usine de production d'eau lourde aménagée par les États-Unis, a choisi le réacteur ayant le graphite comme agent modérateur et un système de refroidissement au gaz plutôt qu'à l'eau pour commencer à produire le plutonium.

88. Vers cette époque, on commençait à songer sérieusement à la production de l'énergie nucléaire. La plupart des savants ont vite constaté que le meilleur réacteur pour la production du plutonium devant servir à la fabrication de la bombe n'était pas nécessairement le meilleur pour la production d'énergie.

89. Il était urgent de trouver une solution pratique au Royaume-Uni, où la pénurie d'énergie devenait presque désespérée. Par conséquent, après mûre réflexion, les Anglais ont décidé que pour produire de l'énergie nucléaire de façon rentable il fallait utiliser un réacteur utilisant le graphite comme agent modérateur et le système de refroidissement au gaz. A leur avis, ce modèle de base pouvait recevoir progressivement certaines modifications et être mis au point au cours des années pour fonctionner aux températures de plus en plus élevées nécessaires à la production d'énergie nucléaire vraiment rentable.

\*L'usine d'eau lourde de Trail a commencé à fonctionner vers 1944.

90. Aux États-Unis, où l'existence de toutes les matières permettaient d'adopter n'importe quel type de réacteur, mais où le besoin d'énergie nucléaire ne se faisait pas sentir de façon urgente, on a décidé d'étudier les diverses méthodes qu'on pouvait employer. Les Américains songeaient naturellement aux réacteurs enrichis étant donné qu'ils pouvaient utiliser de l'uranium enrichi. Ils y étaient d'autant plus poussés que leur programme de réacteurs pour leur marine devait être nécessairement fondé sur l'utilisation de réacteurs hautement enrichis étant donné qu'il fallait qu'ils produisent beaucoup d'énergie en se servant de petits appareils.

91. Au Canada, où nous avons pris les devants dans la technologie de l'eau lourde, étant donné les hasards de la guerre, nous avons choisi d'utiliser un réacteur ayant l'eau lourde comme agent de modération. Jusqu'ici nous avons continué à faire abstraction des autres méthodes et nous n'avons pas tenté de les étudier sans parti pris.

92. Il est clair, messieurs, que de nos jours il nous faut choisir le genre de réacteurs le mieux adapté à la production d'énergie en nous fondant sur des motifs objectifs d'ordre scientifique, mécanique et économique, plutôt que parce qu'il nous arrive d'avoir acquis plus d'expérience technologique à l'égard d'un type de réacteur. Les décisions que nous prenons dans le domaine du génie ne doivent pas être teintées de nationalisme ni tenir compte du prestige national. Même si nous y connaissons particulièrement dans le domaine de la technologie de l'eau lourde et que nous sommes engagés dans cette voie par sentiment, nous n'avons pas le droit de laisser de côté les autres technologies.

93. De nos jours il est remarquable que les États-Unis, même si ce pays possède la seule usine de production d'eau lourde du monde libre, fasse jouer un rôle relativement restreint aux réacteurs d'eau lourde dans leur programme d'aménagement d'énergie nucléaire. On en a la preuve si on compare les sommes affectées à leur égard aux sommes dépensées à l'égard des autres genres de réacteurs par les nombreuses sociétés privées qui travaillent dans le domaine de l'énergie nucléaire sous la direction de la U.S. Atomic Energy Commission. On pourra prétendre que les Américains épargnent de l'argent en confiant au Canada la réalisation de ce programme. Je prétends cependant le contraire. Si les ingénieurs des États-Unis étaient du même avis que nos savants de Chalk River en ce qui concerne l'estimation des possibilités du réacteur à l'eau lourde, les États-Unis affecteraient de grosses sommes pour aménager rapidement un réacteur de ce genre. En définitive, les États-Unis ont besoin tout comme nous d'une centrale d'énergie nucléaire destinée à produire de l'électricité à bon marché. En outre, la concurrence qui existe avec l'Union soviétique dans le domaine scientifique et technologique pousse les États-Unis à s'intéresser à toutes les découvertes dans ce domaine, sans faire abstraction de l'eau lourde. Si les États-Unis ont affecté des sommes relativement peu importantes à la mise au point d'un réacteur à l'eau lourde\* c'est, à mon avis, que ce pays ne pense pas que ses possibilités sont aussi grandes que celles d'autres genres de réacteurs\*\*.

94. Cependant, le Canada n'a pas cessé jusqu'à nos jours de réaliser son programme relatif aux réacteurs de puissance en utilisant les réacteurs à uranium naturel et à eau lourde comme agent modérateur. Il continue d'être le seul important pays du monde qui applique ce principe et fait abstraction de presque toutes les autres méthodes.

\*Voir ENGINEERING, novembre 1960, p. 647 et USAEC Report No. TID-8519 intitulé «Civilian Power Reactor Program—Part IV—Plans for Development as of February 1960»—p. 21.

\*\*Ce point a été illustré fortement par une comparaison du coût de l'énergie faite il y a environ un an et demi par Frank K. Pittman, directeur de la mise au point des réacteurs, Commission de l'énergie atomique. On en trouve un résumé dans NUCLEONICS, décembre 1959, p. 21.

95. Même si la plupart des autres pays ont mis de côté le réacteur à l'eau lourde ou l'ont abandonné entièrement, sauf un, il ne s'ensuit pas nécessairement que ce dernier pays soit dans l'erreur. Mais on doit certainement en conclure que ce pays, c'est-à-dire le Canada, devrait faire une étude critique approfondie de son propre programme; à mon avis, messieurs, étant donné la responsabilité qui lui incombe à l'égard des sommes dépensées, le gouvernement devrait insister pour qu'une enquête et une comparaison impartiales soient faites.

96. Si le Canada a été le seul pays à adopter le réacteur ayant l'eau lourde comme agent modérateur, c'est surtout, a-t-il prétendu, parce que la rentabilité du réacteur convenait à la situation particulière qui existait en Ontario, à savoir que les entreprises d'énergie appartenaient à l'État et que les frais de fabrication du combustible d'origine fossile étaient relativement élevés. Cette même situation existe cependant au Royaume-Uni mais les britanniques n'ont pas adopté ce type de réacteur.

97. On a prétendu il y a quelque temps que le réacteur à uranium naturel ayant l'eau lourde comme agent modérateur utilisera une plus grande partie de la production considérable d'uranium au Canada que tout autre genre de réacteurs. Cela est absolument faux, et même il en utilisera moins.

98. On a dit que si le Canada adopte le réacteur à uranium naturel ayant l'eau lourde comme agent modérateur, il ne sera pas nécessaire d'affecter des dépenses considérables en immobilisations à l'égard d'une usine pour l'enrichissement de l'uranium. Cependant, on ne mentionne jamais qu'il faut en définitive affecter trois fois plus de capitaux d'immobilisations à l'égard d'une usine productrice d'eau\*\*\*.

A la vérité, ce n'est que durant les dernières semaines qu'on a parlé sérieusement de la construction au Canada d'une usine de production d'eau lourde, et on en a grandement minimisé le coût.

99. On a également déclaré, et parfois de façon très nette, que par suite des frais d'établissement et des frais de combustible d'une centrale d'énergie CANDU, les frais de la production d'énergie soutiendront la concurrence avec ceux des centrales d'énergie qui fonctionnent habituellement au charbon dans le sud de l'Ontario. J'en doute fort, étant donné que je n'ai pas pu trouver aucune prévision de frais établie par d'autres personnes, qui soient analogues à celles de mes amis de Chalk River. Vous n'êtes pas sans savoir, messieurs, que toute prévision de frais comporte toujours, à un degré supérieur ou inférieur, une dose d'optimisme. Je prétends respectueusement qu'on est peut-être beaucoup trop optimiste en ce qui concerne la prévision des frais à l'égard du réacteur à uranium naturel ayant l'eau lourde comme agent modérateur dont les gens de Chalk River se font les ardents défenseurs. N'est-il pas possible qu'ils défendent jalousement le fruit de leurs efforts tout comme l'ont fait ceux qui ont conçu le R-101 qui était voué à la destruction?

100. En résumé, monsieur, j'ai prétendu que le gouvernement fédéral devrait se retirer du domaine des travaux de génie à l'égard des centrales d'énergie nucléaire et faire porter tous ses efforts sur la recherche et la réglemen-

\*\*\*M. Carl Cohen du département de l'outillage pour l'énergie atomique de la société General Electric, San Jose, Californie, dans un article intitulé «Charting a Course on Nuclear Power Development» aux pages 68 à 70 de la revue Nucleonics de janvier 1958, a tiré les conclusions suivantes:

1. Dans une économie nucléaire en expansion il coûte beaucoup moins cher d'affecter des placements dans les centrales de diffusion que dans les centrales d'eau lourde (selon les techniques actuelles).
2. Une partie seulement des centrales de diffusion actuelles peut supporter, en ordre d'importance, une économie plus étendue dans le domaine de l'énergie, que les deux centrales d'eau lourde qui existent présentement aux États-Unis.
3. Dans une économie nucléaire dont les progrès sont lents, les placements à l'égard des centrales d'eau lourde et des centrales de diffusion sont comparables.

tation. J'ai invoqué des précédents à l'égard de cette ligne de conduite. J'ai donné certaines raisons valables dans le domaine de l'économie et de la sécurité qui militent en faveur de cette ligne de conduite. J'ai prétendu que la situation monopolisatrice qui prévaut à l'heure actuelle a eu comme résultat une concentration dangereuse des efforts qui peut diminuer grandement le prestige du Canada dans le monde entier et qui pourrait faire perdre aux contribuables de notre pays des millions incalculables sans que cette perte puisse être contrebalancée de quelque façon.

101. J'aimerais donc conclure mon exposé en brossant ce qui à mon sens constitue un programme d'ordre pratique en fonction duquel le temps et les sommes consacrées par le passé à ces projets ne seraient pas perdus mais qui permettrait d'éviter ou de diminuer les pertes futures en temps et en argent.

102. J'ai prétendu qu'il faudrait une nouvelle répartition des tâches au sein de l'AECL, de la CCEA et de l'industrie privée. Il est évident que cela ne peut pas s'appliquer aux travaux actuels à l'égard du NPD-2 ni aux travaux de génie à l'égard du réacteur CANDU. Il serait insensé de confier la réalisation de ces projets à un autre organisme à l'heure actuelle. Par conséquent, je propose qu'on apporte les révisions suivantes à court terme à notre ligne de conduite actuelle:

1. Hâter le plus possible le parachèvement du réacteur NPD-2 (on dit que ces travaux sont actuellement en retard de sept mois\*) afin de savoir le plus tôt possible si ce type de réacteur est pratique du point de vue commercial, quelle en sera l'économie en matière de combustible et quelle en sera la *sécurité*.

D'après ce que vous a dit M. Gray le 2 mai, les travaux à l'égard de NPD-2 sont plus de sept mois en retard. Ce réacteur devait fonctionner dès la mi-été cette année. On s'attend maintenant à ce qu'il soit au point critique à la fin de la présente année. Il y a une grande différence entre fonctionner et être au point critique. Le retard est attribuable à la difficulté qu'on rencontre dans la fabrication des parties composantes du réacteur, qui sont les seules pièces d'une centrale d'énergie nucléaire difficiles à fabriquer. Toutes les autres sont plus ou moins des pièces ordinaires.

2. Continuer sans arrêt les travaux de génie et de mise au point à l'égard du CANDU afin qu'on puisse en commencer la construction dès que le *fonctionnement* du NPD-2 et les résultats qui en découleront du point de vue économique le justifieront.
3. Parallèlement à la poursuite des travaux signalés à l'article 2, accélérer les travaux de génie et effectuer tous les travaux nécessaires de mise au point à l'égard de l'autre projet ayant l'eau lourde comme agent modérateur relativement à la construction d'une centrale de l'importance du CANDU, afin qu'elle puisse être construite pour remplacer le CANDU si le NPD-2 ne donne pas satisfaction. Ce réacteur est désigné sous le nom de OADR et il a été conçu par les ingénieurs de la Canadian General Electric Company.
4. Concurrément avec les travaux prévus à l'article 2, commencer des études techniques d'ensemble à l'égard d'un réacteur monstre à haute température refroidi au gaz et une revue rapide des travaux de mise au point effectués à l'heure actuelle à l'égard de ce type fondamental de réacteur et de son combustible aux États-Unis, au Royaume-Uni, en France et en Allemagne.

103. Cependant, je recommande fortement au Comité qu'on donne suite le plus tôt possible à la nouvelle répartition des tâches et par conséquent je propose que les travaux mentionnés dans le troisième et le quatrième article

\*NUCLEONICS, avril 1961, p. 30.

du programme précité ne soient pas entrepris par l'AECL mais en fonction de contrats accordés par la CCEA à l'industrie privée et aux sociétés d'ingénieurs.

104. Voilà, monsieur, quelles sont mes propositions à court terme. Voici maintenant ma proposition à long terme et les raisons qui la motivent:

Si l'AECL doit terminer ses travaux actuels de génie et de mise au point, nous avons environ une année et demie pour établir les rouages qui permettront à l'industrie privée d'accomplir ses travaux dans l'avenir. Si on établit ces rouages, il faudra également démembler en partie l'AECL qui n'aura plus besoin des services de son personnel préposé à la conception et à la mise au point des importantes centrales d'énergie nucléaire. Cependant, les sociétés industrielles privées et les sociétés d'ingénieurs qui d'après moi devraient effectuer ces travaux devront faire appel aux services de ces personnes.

Comment résoudre ce problème? Vous connaissez tous la méthode qui consiste à faire étudier la question par une commission royale d'enquête. Je pense que nous convenons tous que cette méthode est parfois employée à mauvais escient. A mon sens, il serait de bonne guerre d'instituer une commission royale (ou de modifier le mandat de la commission royale Glassco selon les besoins) qui devrait faire rapport vers le milieu de 1962 sur la réorganisation en détail de tout ce qui a trait à l'énergie nucléaire au Canada. Je crois qu'une telle commission recommanderait que les travaux futurs de génie et de mise au point soient effectués entièrement par l'industrie privée et par les sociétés privées d'ingénieurs en vertu des règlements de la CCEA ou que là où cela s'impose, la CCEA accorde des contrats aux sociétés privées comme cela se fait aux États-Unis.

105. Il y a deux autres questions très importantes ne relevant pas de la politique qui doivent être examinées sans retard et qui pourraient relever d'une telle commission.

#### *Enrichissement*

106. Voici la première question: Devrait-il exister au Canada des installations pour l'enrichissement de l'uranium?

107. Même si le NPD-2 et le CANDU ont été conçus pour utiliser de l'uranium naturel, il est avéré qu'ils pourraient utiliser de façon rentable de l'uranium enrichi\*. Par conséquent, je fus quelque peu étonné de la véhémence avec laquelle M. Gray a répondu le 2 mai à une question qui lui avait été posée par M. Drysdale, concernant l'utilisation d'uranium enrichi par le CANDU. Voici ce que M. Gray a répondu:

On n'utiliserait pas de l'uranium enrichi comme combustible de la centrale CANDU, que ce soit à des fins d'ordre économique, technique ou scientifique. Pour utiliser du combustible enrichi, il faudrait vraiment mettre au point un autre réacteur.

Ceci vient en contradiction avec deux rapports de l'AECL, à savoir les rapports portant les numéros 557 et 618, dans lesquels on affirme qu'il en coûterait peut-être un peu moins cher en combustible si on utilisait dans le CANDU du combustible enrichi qui pourrait s'y consumer à un degré suffisamment élevé. On a confirmé ce point par des calculs indépendants faits ailleurs.

Cependant, abstraction faite de ce que le NPD-2 et le CANDU peuvent utiliser du combustible enrichi avec avantage, il est beaucoup plus important de signaler que presque tous les autres réacteurs d'énergie dont on envisage la construction à l'heure actuelle devront utiliser de l'uranium enrichi dans une certaine mesure.

\*Rapport de l'AECL numéro 557, p. 17 et l'exposé présenté à Genève par M. Smith—AECL numéro 618.

108. A la vérité, messieurs, il semble maintenant que les réacteurs NPD-2 et CANDU, qui étaient censés ne pas avoir à utiliser de l'uranium enrichi et au sujet desquels on nous a laissé entendre qu'ils possédaient l'avantage sur les autres réacteurs de n'avoir pas besoin d'être enrichis, ont besoin en réalité de certaines quantités d'uranium enrichi pour fonctionner.

109. Cette révélation étonnante a été faite récemment au milieu quelque peu étonné des ingénieurs nucléaires par une autorité qui n'est autre que M. Lewis lui-même. Ce dernier en a parlé dans un article de la livraison d'octobre 1960 de la revue NUCLEONICS (page 58).

110. J'ai pensé que cela constituait un bon exemple des genres de faits qui ne semblent pas être signalés dans les communiqués de presse publiés par mes amis de Chalk River mais qui néanmoins sont révélés tôt ou tard, du moins aux membres de la profession.

111. Il n'est pas question ici que les réacteurs CANDU et NPD-2 ont besoin de quantités considérables d'uranium enrichi pour leur fonctionnement. En réalité, les quantités nécessaires sont très faibles et leur coût ne représente qu'environ 10 p. 100 du coût initial du combustible. Je veux souligner que M. Lewis et ses collègues ont déclaré durant longtemps et ont fait croire à d'importants secteurs de la population que le grand avantage du réacteur qu'ils préconisent c'est qu'il n'a besoin que d'uranium naturel et que nous ne sommes pas obligés d'acheter de l'uranium enrichi des États-Unis ni de construire des usines d'enrichissement dispendieuses. Je me fierais davantage à leurs déclarations dans tous les domaines s'ils veillaient davantage à être tout à fait précis dans des questions de ce genre.

Je devrais peut-être signaler que je désire faire de nombreuses observations concernant les frais relatifs des installations d'enrichissement et des usines de production d'eau lourde dans les appendices au présent mémoire.

112. A l'alinéa 72 de l'exposé qu'il vous a fait le printemps dernier, M. Gray a laissé entendre que les réacteurs mis au point à Chalk River ne devraient être aucunement alimentés par aucune des deux sources d'uranium enrichi. M. Lewis affirme le contraire. Évidemment, Lorne Gray n'est pas obligé de modifier sensiblement le mémoire qu'il vous a présenté. Il aurait pu dire sans infirmer gravement son argument que l'utilisation d'uranium enrichi par ces réacteurs s'impose peu ou presque pas. Il me semble que le public et vous, messieurs, avez droit qu'on vous fasse des déclarations qui soient tout à fait exactes.

113. Je ne prétends pas qu'on vous induit en erreur de façon délibérée. Je prétends que les fonctionnaires supérieurs de l'usine de Chalk River n'apportent pas assez de soin à leur façon de présenter les faits au public et à la Chambre des communes. *J'espère que leurs déclarations très importantes sur les frais prévus à l'égard de l'énergie électrique d'origine nucléaire sont plus exactes.*

114. J'ai parlé des principales centrales d'énergie de grandes dimensions. Outre ces dernières, il faut des dispositifs compacts pour la propulsion des sous-marins nucléaires et d'autres navires ou des usines d'énergie miniatures pour répondre aux besoins des agglomérations situées dans l'Arctique. A l'heure actuelle, on est en train d'installer deux réacteurs de ce genre, un au Groënland et un autre dans les régions de l'Antarctique.

L'exploitation de ces réacteurs exige et continuera d'exiger de l'uranium hautement enrichi.

115. Il n'y a aucun doute qu'à la longue le Canada aura besoin d'une quantité d'uranium enrichi supérieure à celle qui est nécessaire à l'heure actuelle. Il s'agit de savoir si nous devrions continuer de l'acheter des États-Unis ou la fabriquer nous-mêmes.

116. Il y a un autre point à considérer. Quand nous achetons de l'uranium enrichi des États-Unis, nous aidons à maintenir l'industrie américaine des mines d'uranium. Cette industrie n'approvisionne que les usines considérables d'enrichissement du monde libre. Ces dernières s'adonnent à la fabrication d'uranium enrichi et approvisionnent non seulement les réacteurs des États-Unis mais ceux de la plupart des pays du monde libre, sauf le Royaume-Uni et la France. Et quand ces pays achèteront de l'uranium enrichi pour l'exploitation des réacteurs d'énergie qu'ils doivent construire dans l'avenir, ils appuyeront l'industrie américaine des mines d'uranium et non l'industrie canadienne.

117. Par conséquent, il est avéré que nous pourrions aider notre propre industrie de l'uranium si nous avions notre propre installation d'enrichissement. En outre de répondre à nos propres besoins indiscutables nous pourrions nous approprier une partie du marché mondial.

118. Si nous faisons abstraction du coût, il n'y a aucun doute qu'une usine canadienne d'enrichissement nous serait très avantageuse.

119. Tout le problème en est un de frais. Il en coûterait cher de construire une installation aussi considérable qu'une des trois usines américaines mais il ne coûterait pas aussi cher que plusieurs personnes sont portées à le croire. Il faudrait également de l'électricité en grande quantité. Nos compatriotes de la Colombie-Britannique et du Québec pourraient nous fournir en abondance de l'électricité à bon marché. Les frais d'établissement seraient-ils trop élevés? L'AECL l'affirme. Sans vouloir mettre son opinion en doute, je ne sais pas qu'on ait publié les résultats d'un examen détaillé de l'ensemble de la question, en indiquant également quelles en seraient les répercussions sur notre industrie de l'uranium, qui aboutissent à cette conclusion. Il faudrait que la question soit étudiée de façon beaucoup plus approfondie. Je ne connais aucune personne censée qui prétende qu'une telle usine ne serait pas très avantageuse au Canada si nous avions les moyens de la construire.

120. N'est-il pas vrai que des personnes impartiales en mesure de porter un jugement devraient examiner de façon très approfondie la question de savoir si nous sommes en mesure de le faire?

121. La question du coût des usines d'enrichissement a récemment fait l'objet d'une discussion générale. Certains membres du Comité ont peut-être pris connaissance d'une nouvelle parue dans les journaux à la fin de l'an dernier au sujet des travaux accomplis en Allemagne de l'Ouest à l'égard d'un appareil d'enrichissement, connu sous le nom d'appareil ultracentrifuge. On prétend qu'il se puisse que cet appareil produise de l'uranium enrichi en toute quantité (grande ou petite) au même coût ou à un coût plus bas que celui de la production de cet uranium dans les immenses usines de diffusion gazeuse des États-Unis. On ignore si cela est vrai, mais presque immédiatement l'*American Atomic Energy Commission* a défendu d'ébruiter l'affaire et a convaincu les Allemands de poursuivre leurs travaux en secret. Il semble qu'on ait récemment adouci quelque peu ces restrictions mais on n'explique pas encore pourquoi on poursuit ces travaux dans le secret\*.

A cet égard, il vous intéressera peut-être de prendre connaissance d'une nouvelle parue dans la livraison d'avril 1961 de la revue *Nucleonics*. Voici la nouvelle en question:

La société General Electric a demandé à l'A.E.C. d'examiner de nouveau la question du secret qui entoure la technologie de la centrifugation des gaz et le programme envisagé à l'égard des permis d'accès dans ce domaine. «Aux États-Unis, a signalé la société General Electric, on vise surtout à séparer la production civile des matières fissiles de la production militaire, et à hâter l'établissement d'une économie concu-

\*Voir *Nucleonics*, avril 1961, p. 31.

rentielle dans le domaine des combustibles nucléaires. Le secret imposé aux États-Unis aura comme résultat de retarder sensiblement les progrès en mettant un frein aux placements privés et à l'échange de renseignements techniques.» La société General Electric a reconnu que la séparation des isotopes selon le procédé de la centrifugation des gaz était très importante pour la fabrication des armes mais a fait remarquer que les pays qui désiraient mettre au point des matières destinées à la fabrication d'armes avaient d'autre moyen de le faire.

122. Dans les nouvelles parues dans les journaux relativement à cette importante découverte, on a prétendu qu'on ne voulait pas ébruiter l'affaire étant donné la possibilité que plusieurs pays pouvaient maintenant se permettre de construire leurs propres bombes atomiques. Cela se peut bien. Mais je suis d'avis, monsieur, que la véritable question n'est pas... la technologie de l'ultracentrifugation peut-elle être gardée secrète afin d'empêcher les puissances moyennes de devenir des puissances atomiques? Aucunement, car on en connaît maintenant trop à ce sujet. La véritable question, c'est de savoir si d'après cette technique on peut produire de l'uranium enrichi au même prix ou à un plus bas prix que les usines américaines de diffusion gazeuse? Si on doit répondre par l'affirmative à cette question, l'uranium enrichi pourrait devenir un combustible aussi largement répandu que le sont le charbon et le pétrole de nos jours.

123. Dans ces circonstances les réacteurs dispendieux et complexes au Canada qui utilisent de l'uranium naturel, et qui continuent d'avoir besoin de l'eau lourde fabriquée aux États-Unis, pourront-ils soutenir la concurrence?

124. Ne verrons-nous pas le Canada continuer la mise au point du réacteur à uranium naturel qui doit utiliser de l'eau lourde fabriquée aux États-Unis, quand le reste du monde, qui s'est affranchi de sa dépendance à l'égard des usines d'enrichissement américaines, utilise de l'uranium enrichi pour produire de l'énergie nucléaire de façon rentable.

125. En résumé, je ne préconise pas qu'on doive construire immédiatement une usine d'enrichissement au Canada, mais je préconise une enquête publique, complète et impartiale sur la question de savoir si on pourrait et si on devrait construire une telle usine. Cette enquête devrait non seulement comprendre l'étude des anciens procédés d'enrichissement, mais aussi de ce nouveau procédé qui est peut-être moins dispendieux. Cette enquête ne devrait pas mettre de côté le facteur économique de l'aide possible qu'apporterait une telle usine à nos entreprises de fabrication d'uranium qui se trouvent actuellement en mauvaise posture.

### *Sécurité*

126. La deuxième question importante qu'une commission royale devrait étudier est celle de la réglementation et du contrôle, allant de la délivrance de permis aux centrales d'énergie et aux autres installations sources de radioactivité, à la manutention et à la disposition sans danger des déchets nucléaires.

127. Dans le contexte actuel, ce sont les partisans de nos réacteurs d'énergie nucléaire qui en établissent la sécurité. Il ne peut qu'en résulter des dangers qui peuvent être très graves. Les habitants de l'Amérique du Nord, et à la vérité ceux du monde entier, craignent beaucoup les dangers de la radioactivité. On en a déjà un exemple aux États-Unis où un accident industriel causé par la radiation a presque provoqué une hystérie dans ce pays. Mentionnons également la récente explosion d'un réacteur à Idaho Falls qui a causé la mort de trois hommes et qui pose bien des questions dans les esprits de tous ceux qui s'intéressent à l'énergie nucléaire.

Pour souligner ce point, permettez-moi de vous lire un passage de *Business Atomic Report* en date du 1<sup>er</sup> avril 1961.

La Commission de l'énergie atomique distingue la tâche qui lui incombe de réglementer la sécurité, de son activité en matière de publicité et d'exploitation en créant un nouveau poste de directeur de la réglementation, qui relève directement de la Commission. Cette tâche relevait du directeur général qui s'occupe également de promouvoir le progrès de l'énergie atomique. Cette mesure était destinée à contrebalancer toute subordination possible de la sécurité à l'exploitation. Le comité mixte du Congrès étudie cependant l'opportunité d'apporter d'autres modifications, y compris la création d'un organisme ne relevant pas de la Commission pour ce qui est de la réglementation, ou la création d'une commission des permis et de la sécurité formée de trois membres au sein de la Commission de l'énergie atomique.

128. Au Canada les réacteurs N.R.X. et N.R.U. ont déjà été le siège d'accidents, dont un, d'après un article de la livraison d'octobre 1960 de la revue *Nuclear Power*, aurait pu être beaucoup plus grave qu'il l'a été en vérité. D'après cet article, les réacteurs les plus perfectionnés ont fonctionné assez bien, de façon générale, mais:

Il y a eu, cependant, quelques accidents graves: deux au Canada, un au Royaume-Uni, un en France et un en Yougoslavie. Des accidents moins graves ont été le lot de deux réacteurs américains, du réacteur russe G-1, où deux personnes ont été trop exposées aux radiations, et du réacteur japonais J.R.R.-1.

129. Jusqu'à présent, les réacteurs ont causé deux incidents graves au Canada, ce qui n'est certainement pas fameux et ce qui me fait douter de la sécurité que présente le réacteur à tuyères à pression, sur lequel le Canada mise son avenir dans le domaine de l'énergie nucléaire et sa réputation aux yeux du monde entier dans le domaine nucléaire.

130. Mon inquiétude a augmenté devant l'explosion d'un réacteur à Idaho Falls au début de cette année. Il s'agissait d'un réacteur à eau bouillante qui avait fonctionné avec succès et efficacité durant deux années et demie. Il s'agissait d'un réacteur prototype, comme le NPD-2, et comme ce dernier il était censé être «muni de tous les dispositifs de sécurité connus par la science»\*. Néanmoins, il explosa mais la radioactivité ne s'est heureusement pas répandue à cause du réservoir qui l'enveloppait. Seules les trois personnes qui se trouvaient à l'intérieur du réacteur ont été tuées.\*\*

131. La leçon que nous Canadiens devons tirer de l'explosion qui s'est produite à Idaho Falls, c'est qu'elle est censée avoir été causée soit par une réaction métal-eau ou par une réaction nucléaire non contrôlée. Ces deux genres de réactions pourraient également se produire dans les réacteurs NPD-2 et CANDU. Par exemple, dans une brochure intitulée «description des plans du NPD-2»\*\*\*, on dit que:

Le NPD-2 possède un coefficient positif de refroidissement par le vide, ce qui veut dire que si l'agent refroidisseur subit une perte ou commence à bouillir, la réactivité augmente de même que la puissance.

132. L'importance de cette déclaration peut échapper à la plupart des gens; je m'empresse donc de l'expliquer. Cela veut dire que si pour quelque raison le contenu d'une tuyère sous pression entre en ébullition, et qu'on n'arrête pas rapidement le fonctionnement du réacteur, il se produit une sorte de réaction à chaîne, c'est-à-dire qu'un faible coefficient d'ébullition donnera une augmentation de puissance qui causera un coefficient plus élevé d'ébullition qui donnera lieu à une plus grande augmentation de la puissance, et ainsi de suite.

\*Voir la revue TIME, 13 janvier 1961, p. 16.

\*\*Voir NUCLEONICS, février 1961, pp. 17 à 23.

\*\*\*Voir également la page 24 de USAEC Report N° TID-8518(4)—Book 4 intitulé «Civilian Power Reactor Program»—Part III—«Status Report on Heavy Water Moderated Reactors as of 1959».

133. Cela pourrait donner lieu à une explosion de chaudière comme celle qui a endommagé le réacteur situé à Idaho Falls. Cependant, les personnes qui ont construit le réacteur NPD-2 assurent que cela n'arrivera jamais, comme en fait foi la déclaration suivante:

Le système de protection empêche que cela arrive en assurant un arrêt plus rapide que dans la mesure nécessaire pour surmonter l'effet positif.

134. Étant donné les accidents dont ont fait l'objet les réacteurs NRX et NRU et la tragédie qui s'est produite récemment à Idaho Falls, cette déclaration ne me rassure pas entièrement. Qu'en dites-vous, messieurs?

135. Quand une tuyère sous pression du réacteur NRX s'est brisée en 1952, les résultats en ont été assez néfastes. L'intérieur de l'édifice a été très contaminé et des quantités mesurables de radiation se sont échappées à l'extérieur et on les a décelées jusque dans la région supérieure de l'État de New York\*. Cette pollution de l'atmosphère n'a heureusement pas atteint un niveau dangereux.

136. Cependant, messieurs, la pression des tuyères du réacteur NRX est relativement basse, et celle du réacteur NPD-2 est en moyenne de 1,050 livres le pouce carré\*\*. Par conséquent, ne peut-on pas supposer que l'éclatement d'une tuyère dans ce genre de réacteur, ce qui arrivera certainement un jour si on en fait une grande utilisation, sera beaucoup plus dangereux que dans le cas du réacteur NRX?

137. A un autre endroit de cette même brochure on déclare ce qui suit:

Le produit zirconium soumis à de hautes pressions d'eau ou de vapeur provoque une réaction exothermique. Cependant, dans le réacteur NPD-2, il est quasi impossible que le produit zircaloy 2 atteigne la température nécessaire pour provoquer la réaction tandis qu'il est en contact avec l'eau ou la vapeur.

138. En termes plus simples, le zirconium exposé à l'eau ou à la vapeur brûle si la température atteint un degré suffisamment élevé. Si ce degré augmente il brûlera graduellement plus fort et pourra atteindre la violence de l'explosion. Dans les réacteurs NPD-2 et CANDU, le combustible est blindé par un alliage de zirconium et les tuyères fabriquées d'un alliage de zirconium sont toutes immergées dans l'eau lourde. N'est-il pas possible qu'à un moment donné du fonctionnement de ces réacteurs, ce qu'on décrit comme étant presque impossible puisse se réaliser?

139. Il importe peut-être de signaler que la société General Electric est censée avoir remplacé récemment le revêtement de zircaloy par un revêtement d'acier inoxydable à cause des difficultés que présentait l'utilisation du zircaloy à la centrale d'énergie nucléaire de Dresden de cette société\*\*\*.

140. Messieurs, la sécurité revêt une importance primordiale dans le domaine de la fission nucléaire contrôlée. Il doit y avoir des lois, des contrôles et des règlements à cette fin. Mais il doit surtout exister un organisme de réglementation fort et bien outillé qui n'est aucunement relié aux organismes dont relèvent les travaux de génie, la construction et l'utilisation des dispositifs nucléaires. Je ne suis pas seul à soutenir cette opinion et pour donner plus de poids à mon avancé je cite le passage suivant de la livraison du 10 mars 1961 de la revue britannique *Engineering* qui fait autorité en la matière: «Si on n'exerce pas de contrôle serré dans le domaine du génie nucléaire, ce champ d'activité serait le plus dangereux pour l'homme.»

\*The Toronto Star Weekly Magazine, 2 avril 1960—«Will Peace Time Atoms Destroy Us» par Majorie Earl.

\*\*Le réacteur SL-1 siuté à Idaho Falls fonctionne à une pression de 300 livres le pouce carré—voir NUCLEAR POWER, février 1961, p. 59. Il avait probablement atteint le niveau de la pression atmosphérique quand l'accident s'est produit.

\*\*\*NUCLEONICS, avril 1961, p. 25.

*Recommandations et propositions*

141. J'aimerais également vous faire part d'un appendice au mémoire mais je terminerai d'abord la première partie de mon exposé en indiquant brièvement de nouveau les recommandations que je formule. Les voici:

1. L'AECL devrait hâter le plus possible l'aménagement de la centrale NPD-2 afin qu'on puisse décider sans retard s'il faut poursuivre l'aménagement de la centrale CANDU.

2. Afin que la réalisation du projet CANDU ne constitue pas une perte de temps, si l'exploitation du NPD-2 et les résultats qui en découlent en justifient le parachèvement, l'AECL devra poursuivre les études de génie et les travaux de mise au point et dresser tous les plans qui s'imposent. En outre, l'AECL ou les entrepreneurs qui travaillent de concert avec cette société pourraient commander les matières brutes nécessaires si on peut en disposer par la suite sans subir une perte trop élevée.

3. La CCEA devrait immédiatement s'approprier le contrat et accélérer les études de génie relatives au réacteur OCCR, afin que ce type de réacteur puisse être construit au lieu du CANDU à Douglas Point si l'exploitation du NPD-2 démontre qu'il est inutile de continuer à affecter des fonds à la construction du CANDU.

4. La CCEA devrait accorder des contrats à l'égard d'études approfondies de génie relatives à la construction d'un réacteur considérable, à haute température, refroidi au gaz ainsi qu'à l'égard d'une étude continue des travaux actuellement effectués à l'égard de ce type général de réacteurs et de son combustible en Angleterre, aux États-Unis, en France et en Allemagne de l'Ouest. Nous serions ainsi en mesure d'aménager un de ces réacteurs dont l'efficacité serait assurée s'il est démontré que le réacteur NPD-2 et les réacteurs à refroidissement organique sont défectueux ou que leur rentabilité ne se justifie pas.

5. On devrait instituer une commission royale en vue d'étudier les points suivants et de faire des recommandations à leur égard, ou le mandat de la commission royale Glassco devrait être modifié en vue de l'autoriser à étudier les points suivants et à faire des recommandations à leur égard:

- a) la répartition des tâches entre le secteur public et le secteur privé dans le domaine de la recherche nucléaire, des travaux de génie et de mise au point et des travaux de construction;
- b) l'aptitude du Canada à construire une usine pour l'enrichissement de l'uranium et la question de savoir si une telle usine est souhaitable en fonction de son coût et des avantages qui en découleront; et
- c) les dangers provenant des radiations atomiques y compris la sécurité des réacteurs, la disposition des déchets et les règlements et contrôles nécessaires pour régler ces problèmes et les problèmes connexes.

Je vous remercie, monsieur.

Voudriez-vous que j'aborde immédiatement l'appendice ou désirez-vous m'interroger sur ce que j'ai dit jusqu'ici?

LE PRÉSIDENT: Messieurs, que décidez-vous?

M. DRYSDALE: Que le témoin donne lecture de l'appendice.

LE PRÉSIDENT: J'en suis.

M. BRUNSDEN: Monsieur le président, nous réunirons-nous ce soir?

LE PRÉSIDENT: Je le pense.

M. BRUNSDEN: Je propose respectueusement que nous remettions à plus tard la lecture de l'appendice. L'exposé que nous venons d'entendre nous donne ample matière à discussion.

M. DRYSDALE: Monsieur le président, l'appendice fait partie du mémoire et je pense que nous pourrions en prendre connaissance très rapidement. Il met à jour certaines observations faites par M. Boyd. Nous ne sommes pas en mesure d'étudier le sujet avant d'avoir lu l'appendice.

Le PRÉSIDENT: Il me semble, monsieur Brunsdén, qu'il serait préférable qu'on termine la présentation du mémoire.

#### *Appendice*

1. Le présent appendice étudie certaines questions qui se sont posées récemment et qui n'ont pu être abordées dans mon mémoire.
2. Voici les sujets que je désire étudier:
  - a) L'estimation des frais d'établissement des centrales d'énergie nucléaire NPD-2 et CANDU,
  - b) Les frais relatifs des usines de production d'eau lourde et des usines d'enrichissement de l'uranium\*,
  - c) Le laboratoire canadien de plutonium et les répercussions des nouveaux cycles de production du plutonium sur la consommation de l'uranium,
  - d) L'importance des difficultés qui se présentent au Royaume-Uni et aux États-Unis à l'égard de la production du beryllium et du zirconium\*\*, et
  - e) Les répercussions qui découleraient de la possibilité d'obtenir de l'hélium canadien sur les programmes entrepris par les pays non-américains de l'hémisphère occidental dans le domaine de l'aménagement des centrales nucléaires.

#### *Estimation du coût de fabrication des réacteurs NPD-2 et CANDU*

3. En ce qui concerne le tableau intitulé «estimation des frais d'établissement à l'égard du réacteur CANDU», j'aimerais attirer votre attention sur la différence considérable qui existe entre les estimations faites en 1957 et les estimations de 1960.

4. Citons maintenant un passage du témoignage présenté par M. Gray en juin dernier où il répond de la façon suivante à une question posée par M. MacLellan:

En chiffres ronds, la première centrale coûtera 80 millions de dollars, et la seconde, 60 millions, mettons. Je pense que l'Hydro-Ontario nous versera environ 60 millions de dollars, mais non le plein montant de 80 millions. En réalité, le solde de 20 millions est donc affecté à la recherche et à l'aménagement, y compris l'aménagement industriel. Toutes ces modalités seront établies dans la formule de répartition des frais.

5. Messieurs, M. Gray déclare que cette première centrale coûtera 20 millions de plus que la seconde, étant donné les frais de recherche et d'aménagement. En d'autres termes, il prétend que dès que les travaux de recherche et d'aménagement auront été effectués à l'égard de la première centrale, il sera possible de construire la seconde pour 20 millions de moins.

6. Cette affirmation semble raisonnable si on fait abstraction que le réacteur NPD-2 est un prototype inférieur du CANDU. Par conséquent, il est vraisemblable de supposer que la plus grande partie des frais de recherche

\*NUCLEONICS, janvier 1958, pages 66 à 70 inclusivement.

\*\*NUCLEONICS, avril 1961, pages 25 et 28.

et d'aménagement à l'égard du réacteur CANDU aurait été comprise dans les frais du réacteur NPD-2, et ce fut probablement le cas, car le NPD-2 qui devait coûter 15 millions est censé atteindre un coût de 32 millions\*\*\*.

7. On pourrait en conclure que l'estimation des frais du CANDU en 1960 représente les frais réels des travaux de génie, des fournitures et de la construction de la première centrale de Douglas Point sans comprendre de dépenses considérables à l'égard de la recherche et de l'aménagement.

8. On le constatera en examinant l'estimation des frais du CANDU pour 1960.

9. D'après M. Gray, le montant total comprend un montant de 20 millions affecté à la recherche et à l'aménagement, y compris l'aménagement industriel.

10. Messieurs, je ne vois aucun montant de 20 millions affecté à la recherche et à l'aménagement. En outre, je ne vois pas comment il serait possible de réduire les divers articles de 20 millions afin de diminuer les frais réels du second réacteur pour qu'ils atteignent les 60 millions prévus par M. Gray.

TABLEAU 1

ESTIMATION DES FRAIS D'ÉTABLISSEMENT  
DU RÉACTEUR CANDU

(Premier réacteur à la centrale d'énergie de Douglas Point)

| N <sup>o</sup> . | Article   | 1957                            | 1960   |
|------------------|---|---------------------------------|--|
|                  |   | (AECL)<br>n <sup>o</sup> . 557) | (Rapport annuel<br>de l'AECL<br>pour 1959-<br>1960*) |
|                  |   | \$                              | \$   |
| 1a               | Frais de l'emplacement, terrain et amélioration.....  | —                               | 507,000  |
| b                | Emplacement.....  | 230,000                         | —  |
| 2a               | Structure et blindage des immeubles.....  | —                               | 5,009,000  |
| b                | Immeuble.....   | 5,280,000                       | —  |
| 3a               | Réacteur, chaudière et appareils auxiliaires.....   | —                               | 11,196,000   |
| b                | Outillage principal du réacteur, appareils auxiliaires du réacteur et centrale à vapeur.....              | 10,040,000                      | —  |
| 4a               | Turbo-générateur et appareils auxiliaires, outillage électrique et instruments.....                       | —                               | 13,245,000   |
| b                | Centrale des turbines et appareils auxiliaires, centrale transformatrice et instruments.....              | 10,970,000                      | —  |
| 5a               | Procédés ordinaires.....  | —                               | 3,330,000  |
| b                | Matériel auxiliaire.....  | 2,000,000                       | —  |
| 6a               | Matériel de construction et matériel indirect.....  | —                               | 3,284,000  |
| b                | Installation.....   | 4,830,000                       | —  |
| 7a               | Eau lourde et hélium.....   | —                               | 11,677,000   |
| b                | Eau lourde.....   | 11,000,000                      | —  |
| 8a               | Achats, inspection, comptes et assurances.....  | —                               | 1,561,000  |
| b                | Pièces de rechange et démontage.....  | 800,000                         | —  |
| 9                | Montant affecté à l'outillage pour empêcher l'échappement de gaz toxiques (barres de combustible enrichi) | 500,000                         | 0  |
| 10               | Imprévus.....   | 4,480,000                       | 8,567,000  |
| 11               | Hausse (en fonction d'une augmentation annuelle des prix de 3 p. 100).....                                | 0                               | 4,163,000  |
| 12               | Travaux de génie.....   | 3,160,000                       | 8,150,000  |
| 13               | Commissions, y compris la formation.....  | 0                               | 1,250,000  |
| 14               | Intérêt au cours de la construction (5½ p. 100 par année)...  | 0                               | 9,198,000  |
| 15               | Total.....  | 53,290,000                      | 81,507,000 (\$407/KW)                                |

\* A paru également dans un article de NUCLEONICS, octobre 1960, p. 57 de M. W. B. Lewis.

Le second réacteur de Douglas Point est censé coûter 65 millions, d'après le document n<sup>o</sup> V/9 (Canada) présenté par M. H. A. Smith et J. A. Foster à la Conférence mondiale sur l'énergie (1960).

\*\*\*Page NE 6 de Financial Post, 26 avril 1961.

Les numéros des articles sont subdivisés en a et b parce que la description des articles dans les deux prévisions n'étaient pas identique. Par exemple, l'article 1 a trait aux frais de l'emplacement, des terrains et des améliorations dans les prévisions de 1957.

Il ne s'agit certainement pas là de travaux de recherches ou de mise au point.

Article 2, structure et blindage des immeubles; il n'est pas question de recherche ou de mise au point. Soit dit en passant, les frais relatifs à cet article sont quelque peu inférieurs aux frais normaux d'une centrale d'énergie.

Article 3, réacteur, chaudière et appareils auxiliaires. Voilà le poste que devrait viser la plupart des travaux de recherche et de mise au point, mais pour que la prévision soit diminuée de 20 millions, il faudrait éliminer le réacteur, non seulement une fois mais deux fois.

Article 4, turbo-générateur et appareils auxiliaires, outillage électrique et instruments. Cet article comporte peu de recherche et de mise au point. Il s'agit du matériel ordinaire bien qu'on utilise un ancien modèle de turbine étant donné que le réacteur CANDU produit de la vapeur de qualité inférieure.

Article 5, procédés ordinaires ou matériel auxiliaire. Cela comporte certainement peu de recherche et de mise au point.

Article 6, matériel de construction et matériel indirect. Cela ne comporte certainement pas beaucoup de recherche ou de mise au point.

Article 7, eau lourde et hélium. Cet article ne comporte certainement aucune recherche ni de mise au point. Les savants de Chalk River possèdent tous les renseignements nécessaires sur l'eau lourde.

Article 8, achats, inspection, comptes et assurances. Cela comporte peu de travaux de recherche ou de mise au point, car une inspection comparative pour le compte du NRU coûte plus de 1 million.

Article 9, outillage pour empêcher l'échappement de gaz toxiques (barres de combustible enrichi). Ce montant n'est même pas compris dans les prévisions de 1960, mais M. Lewis dit qu'il sera requis.

Articles 10 et 11, imprévus et hausse. Cela comporte peut-être certains travaux de recherche et de mise au point. Cependant, il arrive fréquemment que ces articles sont épuisés sur les chantiers de construction bien ordinaires.

Article 12, travaux de génie. Il se peut qu'on réalise des économies à cet égard. Cependant, les travaux de génie et d'inspection à l'égard des centrales d'énergie ordinaires fonctionnant à la vapeur s'élèvent à plus de 7 p. 100. Les travaux de génie à l'égard du NRU se chiffrent à environ 7 millions et demi, soit 13 p. 100 de tous les frais. Dans le témoignage qu'il a rendu le 2 mai, M. Gray a mentionné que les frais des travaux de génie allaient de 8 à 10 millions. Je crois qu'ils pourraient même être plus élevés.

Article 13, commissions, y compris la formation. Une partie de ces dépenses ne sera certainement pas nécessaire pour la construction subséquente de réacteurs.

Article 14, intérêt au cours de la construction. Cet intérêt devra malheureusement être payé à l'égard des réacteurs qui seront construits par la suite, à moins évidemment que M. Gray puisse emprunter l'argent sans intérêt. Il serait peut-être opportun que vous demandiez à M. Gray comment il peut réduire cette prévision de 20 millions. C'est lui qui l'affirme. On devrait peut-être lui demander d'expliquer ces chiffres.

M. BRUNSDEN: Monsieur le président, je pense que le témoin a fait une déclaration très injuste. Il est possible de construire ces réacteurs en faisant des emprunts sur lesquels on verse de l'intérêt.

M. DRYSDALE: Ne pourrions-nous pas amorcer le débat seulement après avoir versé le présent mémoire au compte rendu?

M. BRUNSDEN: Je m'excuse, mais c'est plus fort que moi.

M. BOYD:

12. Un très éminent ingénieur canadien avec lequel je discutais récemment le programme de mise au point d'énergie nucléaire entrepris à Chalk River m'a déclaré qu'à son avis il ne serait pas possible à l'heure actuelle de convaincre les autorités que quelque chose ne va pas. A son avis, elles ne soupçonneraient rien avant un retard de deux ans dans la construction de la centrale de Douglas Point et des dépenses excédentaires de 20 millions. Messieurs, il y a déjà des indications que cela va arriver. MM. Smith et Foster de l'AECL ont affirmé, dans leur mémoire présenté en juin dernier à la Conférence mondiale sur l'énergie\* que le second réacteur de Douglas Point coûtera 65 millions.

13. Par ailleurs, M. Gray vous a également déclaré en juin dernier qu'il ne coûterait que 60 millions. Qui a raison?

14. Il y a également la question de la date du parachèvement des travaux.

15. A la page NE 5 de la livraison du 26 avril du journal *The Financial Post*, on affirme que la centrale de Douglas Point fonctionnera en 1965 plutôt qu'en 1964, comme on l'avait annoncé à grand renfort de publicité.

M. Gray l'a également affirmé dans son témoignage du 2 mai devant le Comité.

16. N'est-ce pas là une indication que nous nous dirigeons déjà vers les «deux années en retard et les millions excédentaires», comme l'a affirmé mon ami?

17. Messieurs, si nous attendons que cela se produise, il sera trop tard. Nous serons alors en 1966 et aurons affecté plus de 100 millions seulement à l'aménagement de la centrale de Douglas Point.

18. J'aimerais également attirer votre attention sur un autre point. D'après les dernières prévisions à l'égard du CANDU, la centrale de Douglas Point coûtera 407 dollars le kilowatt installé. Par contre, la plus récente centrale d'énergie nucléaire britannique à refroidissement par gaz (Dungeness)\*\* est construite à forfait à un prix ferme de moins de 100 livres le kilowatt, c'est-à-dire de moins de 277 dollars le kilowatt au taux actuel du change. Il ne s'agit pas là, messieurs, d'une prévision optimiste. Il s'agit d'un prix ferme à forfait exigé par une société privée d'ingénieurs qui sans aucun doute comprend un certain bénéfice.

19. Par ailleurs, on peut attribuer une certaine partie de la différence aux frais qui sont moins élevés en Angleterre. Mais si on établit les frais d'après la proportion supérieure de 45 p. 100 donnée par MM. Smith et Foster\*\*\* si la centrale était aménagée au Canada, le coût ne serait que de 401 dollars le kilowatt installé. Cette prévision est quelque peu inférieure à la présente prévision optimiste relative à l'aménagement du premier réacteur de la centrale d'énergie de Douglas Point.

20. Dans le tableau 2 ci-contre, j'ai comparé les divers prix de l'énergie à l'égard de différentes catégories de centrales d'énergie nucléaire construites au Canada. J'y suis arrivé en interprétant de façon objective quelques-uns des chiffres les plus récents. On remarquera que les prévisions des prix de l'énergie à l'égard des réacteurs britanniques et américains sont analogues aux prévisions à l'égard de la centrale de Douglas Point.

\*Mémoire V/9 (Canada) présenté à la Conférence mondiale sur l'énergie de 1960 «Base Load Application of Nuclear Power to a mixed Hydro and Thermal System» par H. A. Smith et J. S. Foster.

\*\*NUCLEAR POWER, avril 1961, p. 76.

\*\*\*Smith et Foster—Mémoire V/9 (Canada) présenté à la Conférence mondiale sur l'énergie de 1960.

21. Cependant, en ce qui concerne le réacteur de type britannique, le coût est fondé sur un prix ferme à forfait; en ce qui concerne le réacteur américain BWR, il est fondé sur un chiffre sur lequel ont certainement influé les prix réels d'un de ces réacteurs construits à Dresden, près de Chicago. Les prévisions à l'égard du CANDU ne se fondent sur aucune base solide de ce genre.

Examinons le tableau. Les prix de l'énergie prévus en Ontario sont donnés dans l'avant-dernière colonne. Le prix prévu de l'énergie produite par la centrale de Douglas Point va de 5.3 millièmes le kilowatt-heure pour l'exploitation de deux réacteurs à 5.7 millièmes le kilowatt-heure pour l'exploitation du premier réacteur seulement. En ce qui concerne une centrale d'énergie du genre de la centrale de Dungeness, qui serait aménagée au Canada, les prix de l'énergie iraient de 4.9 millièmes le kilowatt-heure à 5.7 millièmes le kilowatt-heure selon le taux des charges de capital employé pour les calculs. Les Britanniques ont toujours établi leur comparaison en fonction d'une durée de vingt ans, mais il ne semble pas équitable de nous fonder sur cette durée si on compare les réacteurs britanniques avec d'autres réacteurs qui sont censés avoir une plus longue durée, surtout quand il n'y a aucune raison vraiment valable de supposer que le réacteur aura une plus longue durée. Le coût de l'énergie prévu pour un réacteur américain BWR va de 4.9 millièmes le kilowatt-heure à 5.3 millièmes le kilowatt-heure, mais ce réacteur utilise évidemment de l'uranium enrichi.

#### *Centrale fonctionnant à l'eau lourde*

22. En 1957, M. Carl Cohen du département de l'outillage pour l'énergie atomique de la société General Electric de San Jose, Californie, a étudié à fond quelle serait la meilleure méthode pour produire de l'énergie nucléaire, c'est-à-dire utiliser de l'uranium naturel ou de l'uranium enrichi. Il a formulé certaines de ses conclusions dans un article intitulé «Charting a Course for Nuclear Power Development». Cet article a paru dans la livraison de janvier 1958 de la revue *Nucleonics*. Comme il l'a dit lui-même, il ne s'attendait pas d'arriver aux conclusions suivantes:

1. Dans une économie nucléaire en expansion, il est beaucoup moins dispendieux d'aménager des centrales de diffusion, c'est-à-dire des centrales produisant de l'uranium enrichi que des centrales produisant de l'eau lourde, (d'après les découvertes scientifiques récentes).
2. Un petit nombre de centrales de diffusion actuellement en exploitation peuvent permettre une économie plus importante dans le domaine de l'énergie que les deux centrales des États-Unis fonctionnant à l'eau lourde.
3. Dans une économie nucléaire dont les progrès sont lents, le rendement des centrales fonctionnant à l'eau lourde et des centrales de diffusion est à peu près le même.

TABLEAU II

## COMPARAISON DU PRIX DE REVIENT DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE POUR CE QUI EST DES CENTRALES AMÉNAGÉES AU CANADA

| Centrale ou type de réacteur     | Frais de premier établissement—<br>\$/le kilowatt<br>(prix ferme ou prix prévu) | Prix de l'énergie envisagé pour l'Ontario—<br>Millièmes/kilowatt-heure |             |              |           | Total  | Observations |
|----------------------------------|---|--|-------------|--------------|-----------|--|--------------|
|                                  |   | Charges de capital   | Combustible | Exploitation |           |  |              |
| Douglas Point<br>—un réacteur    | \$407 (prix estimatif)  | 3.70   | 1.18        | 0.8**        | 5.7       | —Frais de premier établissement \$M 81.5   |              |
| —deux unités                     | \$336 (prix estimatif)  | 3.35   | 1.18        | 0.8          | 5.3       | —Frais de premier établissement \$M 146.5 (81.5 + 65)<br>D'après l'interprétation de Smith et Foster (1) |              |
| Réacteur Dungeness (Britannique) | \$401 (\$277 prix ferme contrat actuel au Royaume Uni)                          | 3.65*  | 1 à 1.6     | 0.5          | 5.1 à 5.7 | L'interprétation de Vaughan (2) et de Millar (3) est donnée plus loin.                                   |              |
|                                  |   | 3.45†  | 1 à 1.6     | 0.5          | 4.9 à 5.5 |  |              |
| Réacteur BWR (Américain)         | \$197 (prix estimatif)  | 1.70   | 2.7 à 3.1   | 0.5          | 4.9 à 5.3 | Richards (4) a adopté l'interprétation de Smith et Foster  |              |

(1) Mémoire V/9 (Canada) présenté à la Conférence mondiale sur l'énergie de 1960.

(2) NUCLEAR POWER, avril 1961, page 76.

(3) Mémoire P/74 présenté à la conférence de Genève, 1958.

(4) NUCLEONICS, mai 1961, page 27.

\* La même moyenne des charges de capital que pour la centrale de DOUGLAS POINT

† Il s'agit du même taux de charges de capital employé par Smith et Foster à l'égard du réacteur BWR, c'est-à-dire fondé sur une durée de 30 années.

Il semble plus équitable d'employer ces deux bases de comparaison que d'employer la durée très minimum de 20 années employée par les Britanniques.

\*\* Ce chiffre comprend les frais de l'utilisation de l'eau lourde.

23. Ces conclusions découlent du calcul des frais de premier établissement des centrales d'enrichissement de l'uranium et des centrales de production d'eau lourde par kilowatt d'énergie nucléaire que chaque centrale produirait. Les calculs ont été faits d'après les frais publiés de premier établissement des centrales américaines de production d'uranium enrichi et d'eau lourde. Dans le cas d'une industrie d'énergie nucléaire dont les progrès sont rapides, les frais de premier établissement par kilowatt d'énergie nucléaire produit ont été établis à \$17 pour les centrales de production d'uranium enrichi et à \$59 pour les centrales de production d'eau lourde.

24. Dans le cas d'une économie nucléaire dont les progrès sont lents, Cohen a constaté que les frais de premier établissement dans le cas des deux catégories de centrales seraient à peu près les mêmes.

25. Cependant, messieurs, l'usage privé d'énergie nucléaire dans le sud de l'Ontario ne progresse pas lentement. D'après le rapport publié par la commission Gordon\* nous pouvons nous attendre à ce que la capacité de production d'énergie nucléaire au Canada (dont la plus grande partie se trouve dans le sud d'Ontario) passera de 200,000 kilowatts en 1965 à 6 millions de kilowatts en 1980. Voilà un taux d'accroissement d'un peu plus de 25 p. 100 par

\*Voir la page 270 de l'étude intitulée «Les perspectives énergétiques du Canada», faite par John Davis dans le cadre du rapport de la Commission royale d'enquête sur les perspectives économiques du Canada.

année. Ce taux d'accroissement est nécessaire si le sud de l'Ontario ne doit pas assumer le fardeau de l'importation de quantités de plus en plus grandes (je devrais dire de quantités considérables) de charbon dans l'avenir. Voilà le taux d'accroissement sur lequel Carl Cohen se fondait quand il a fait son étude.

26. Ne nous leurrions pas. Si on applique le programme d'aménagement de centrales d'énergie nucléaire ayant l'eau lourde comme agent modérateur envisagé pour le sud de l'Ontario, on doit être disposé à dépenser à l'égard de centrales de production d'eau lourde un montant de l'ordre de \$59 pour chaque kilowatt d'énergie nucléaire installé. Le tableau III indique ce que cela représentera au cours des 25 prochaines années. Les placements requis sont de faible importance au début mais augmentent rapidement. Dès 1985, il faudra investir 1 MILLIARD DE DOLLARS dans l'aménagement d'usines de production d'eau lourde. Par contre, les placements à l'égard d'une usine d'uranium enrichi pour produire la même puissance en énergie nucléaire n'auraient été que de 320 millions<sup>1</sup>, c'est-à-dire moins du tiers.

TABLEAU III

## QUANTITÉ D'EAU LOURDE REQUISE AU CANADA ET FRAIS D'AMÉNAGEMENT

(D'après le nombre d'installations d'énergie nucléaire canadienne prévues par la commission Gordon en 1965 et 1980)

| Année | Puissance installée*  | Augmentation annuelle | Nombre de tonnes d'eau lourde requises chaque année |       |        | Usine de production d'eau lourde     |   |
|-------|-----------------------|-----------------------|---|-------|--------|--------------------------------------|---|
|       |                       |                       | Charge initiale                                     | Total | Pertes | Puissance installée Tonnes par année | Total prévu des placements en millions de dollars** |
|       | Milliers de kilowatts | Milliers de kilowatts |   |       |        |                                      |   |
| 1965  | 200                   | 200                   | 200   | 0     | 200    | 0                                    | 0   |
| 66    | 200                   | 0                     | 0   | 3     | 3      | 100                                  | 24- 33  |
| 67    | 200                   | 0                     | 0   | 3     | 3      | 100                                  | 24- 33  |
| 68    | 400                   | 200                   | 200   | 3     | 203    | 100                                  | 24- 33  |
| 69    | 400                   | 0                     | 0   | 6     | 6      | 100                                  | 24- 33  |
| 70    | 600                   | 200                   | 200   | 6     | 206    | 100                                  | 24- 33  |
| 71    | 800                   | 200                   | 200   | 9     | 209    | 200                                  | 48- 66  |
| 72    | 1,000                 | 200                   | 200   | 12    | 212    | 200                                  | 4 - 66  |
| 73    | 1,200                 | 200                   | 200   | 15    | 215    | 200                                  | 48- 66  |
| 74    | 1,600                 | 400                   | 400   | 18    | 418    | 500                                  | 120- 165  |
| 75    | 2,000                 | 400                   | 400   | 24    | 424    | 500                                  | 120- 165  |
| 76    | 2,400                 | 400                   | 400   | 30    | 430    | 500                                  | 120- 165  |
| 77    | 3,000                 | 600                   | 600   | 36    | 636    | 700                                  | 168- 231  |
| 78    | 3,800                 | 800                   | 800   | 45    | 845    | 900                                  | 215- 296  |
| 79    | 4,800                 | 1,000                 | 1,000   | 57    | 1,057  | 1,100                                | 265- 363  |
| 80    | 6,000                 | 1,200                 | 1,200   | 72    | 1,272  | 1,300                                | 312- 430  |
| 81    | 7,500                 | 1,500                 | 1,500   | 90    | 1,590  | 1,600                                | 385- 528  |
| 82    | 9,500                 | 2,000                 | 2,000   | 112½  | 2,112½ | 2,200                                | 530- 725  |
| 83    | 12,000                | 2,500                 | 2,400   | 142½  | 2,542½ | 2,600                                | 625- 855  |
| 84    | 15,000                | 3,000                 | 3,000   | 180   | 3,180  | 3,200                                | 770-1,060   |
| 85    | 18,800                | 3,800                 | 3,800   | 225   | 4,025  | 4,100                                | 985-1,360†  |

\* Taux moyen d'accroissement de la puissance installée—25½ p. 100 par année

\*\* Estimation inférieure fondée sur le coût prévu de \$M132 par la revue NUCLEONICS pour une usine de 550 tonnes par année (Nucleonics, janvier 1958, page 69)

Estimation supérieure fondée sur le coût de \$M165 prévu par le journal FINANCIAL POST pour une usine de 500 tonnes par année (FP, avril le 29/61, page NE 3)

Aux prix de \$59 le kilowatt de puissance d'énergie nucléaire fournie, ce montant s'établirait à 1,110 millions (montant auquel était arrivé Carl Cohen)

<sup>1</sup>REMARQUE:—Ces données se fondent sur les coûts publiés par l'AECL en ce qui concerne l'exploitation de ses usines de production d'uranium enrichi et d'eau lourde. Les premières ont été aménagées à la hâte et d'après une source fiable les mêmes installations pourraient être construites de nos jours à un prix beaucoup plus bas.

27. Messieurs, je vous saurais gré de vous rappeler ces chiffres la prochaine fois que vous entendez dire qu'on n'aura pas à assumer les frais considérables d'une usine d'enrichissement si on adopte le réacteur à l'eau lourde.

Examinons le tableau de plus près. Les usines d'eau lourde qui existent actuellement aux États-Unis produisent 1,100 tonnes par année. D'après l'avant-dernière colonne de droite, en 1959 toute la production des usines américaines actuelles d'eau lourde sera nécessaire. Dans la dernière colonne de droite, on donne en millions de dollars le montant global des placements estimatifs à l'égard de l'usine de production d'eau lourde qui devra être aménagée au Canada. Le plus faible des deux chiffres, c'est-à-dire la prévision inférieure, est fondé sur le coût de 132 millions envisagé par la revue *Nucleonics* à l'égard d'une usine produisant 500 tonnes par année. La prévision supérieure est fondée sur le coût de 165 millions envisagé par la revue *Financial Post* à l'égard d'une usine produisant 500 tonnes par année.

Si on se fonde sur les prévisions de M. Cohen, il faudra dès 1985 au Canada une usine d'enrichissement dont le coût s'élèverait à 320 millions, c'est-à-dire à moins de la moitié du coût et qui serait vraisemblablement deux fois moins considérable qu'une seule des usines américaines.

Par ailleurs, les usines américaines ont été construites à la hâte au tout début de l'ère de la technologie par diffusion gazeuse. Par conséquent, vous ne vous étonnerez pas si je vous dis tenir d'une source bien informée que des usines analogues pourraient être construites à un prix beaucoup plus bas.

Par conséquent, on peut très bien supposer que l'usine d'enrichissement dont nous aurons besoin au Canada dès 1985, si nous décidons de construire des centrales d'énergie nucléaire qui brûlent du combustible enrichi, coûtera beaucoup moins que 320 millions, même aussi peu que 200 millions. Cependant, il faut étudier le problème davantage pour en arriver à une donnée précise.

Messieurs, je vous demanderais de comparer cette possibilité avec le montant d'un milliard que nous devons consacrer à l'aménagement d'usines de production d'eau lourde en 1985 si nous suivons la ligne de conduite établie par l'usine de Chalk River.

Il faut également ne pas perdre de vue un autre point. Les réacteurs qui utilisent l'uranium enrichi peuvent également utiliser du plutonium. Par conséquent, dans l'avenir, on ajoutera aux usines d'enrichissement de l'uranium de traitement chimique en vue d'extraire le plutonium utilisable du combustible consommé. Il en résultera une diminution des placements que nous devons affecter à l'établissement d'une usine canadienne d'enrichissement.

Il n'en sera pas de même des usines de production d'eau lourde. Si nous choisissons de construire ces dernières pour mener à bonne fin l'expansion de l'énergie nucléaire, il nous faudra aménager des usines de production d'eau lourde de plus en plus considérables.

#### *Le laboratoire canadien de plutonium*

28. Dans le rapport annuel de l'AECL pour 1959-1960 figurait un article de dépense à l'égard du laboratoire de plutonium, installé à Chalk River.

29. De plus amples détails à ce sujet sont donnés dans un article sur le laboratoire paru dans le *Globe and Mail* du 2 mars\* et intitulé «On court le risque des dangers de la radiation afin de découvrir un carburant pour le combustible atomique.» Si par hasard vous n'avez pas lu cet article, je me permets de vous en lire certaines parties. Une légende figurant sous une vignette dans le cadre de l'article est ainsi conçue:

But envisagé: Joindre le plutonium à l'uranium naturel dans la fabrication d'un combustible pour les centrales d'énergie atomique.

\*Page 25.

Voici quelques passages de l'article en question:

Chalk River, le 1<sup>er</sup> mars (PC)—un petit nombre de savants et de techniciens exécutent certains travaux en se servant d'une matière nucléaire très dangereuse à la centrale canadienne d'énergie atomique, travaux dont les résultats seraient un atout pour le Canada dans la réalisation de son programme à cet égard.

Il s'agit du personnel d'un nouveau laboratoire métallurgique de 350,000 dollars à qui on a confié la tâche de découvrir les méthodes permettant l'utilisation de plutonium et d'oxide d'uranium naturel comme combustible des centrales d'énergie atomique.

Le laboratoire comporte deux sections: dans une on fabrique les éléments d'un combustible expérimental et dans l'autre on leur fait subir des épreuves et des examens.

Pour produire de l'énergie nucléaire rentable, le Canada utilise comme combustible de l'uranium naturel. Cette méthode sera peu dispendieuse car les éléments du combustible brûlé peuvent être enlevés du réacteur et entreposés à peu de frais.

M. BRUNSDEN: Le témoin nous dirait-il de quelle année il s'agit?

M. BOYD: Cette année.

On n'a pas besoin d'usines dispendieuses pour la production de combustible d'uranium enrichi ou pour récupérer le plutonium.

Cependant, M. O. J. C. Runnalls, directeur du laboratoire, a déclaré qu'il serait peut-être possible que la méthode canadienne soit encore plus rentable si on pouvait découvrir des méthodes permettant d'enrichir le combustible d'uranium naturel avec du plutonium. Jusqu'à ce qu'on puisse découvrir une telle méthode, on pourra entreposer pour l'utilisation future le plutonium produit dans les centrales d'énergie canadiennes.

30. Messieurs, vous avez entendu M. Gray déclarer qu'il est de plus en plus convaincu que le Canada doit utiliser un réacteur dont le degré de combustion est élevé, qui brûle de l'uranium naturel ayant l'eau lourde comme agent modérateur parce qu'il a entre autres avantages celui de ne pas nécessiter la récupération du plutonium à même le combustible brûlé. Par conséquent, je me demande pourquoi on affecte des sommes considérables d'argent à ce stade à la recherche sur le plutonium en vue de trouver un comburant pour notre combustible atomique. J'admets que l'utilisation d'un combustible enrichi au plutonium puisse rendre la méthode employée au Canada encore plus rentable.

31. Ne perdons pas de vue pour autant les autres méthodes possibles. Se peut-il que les frais d'établissement du réacteur soient si élevés qu'on devra enrichir le combustible afin d'augmenter le rendement du réacteur et diminuer ainsi son coût en capital? Ou se peut-il que si on utilise le facteur classique de sécurité dans la conception des tuyères pressurisées, il faudra employer un combustible enrichi afin que celui-ci brûle de façon satisfaisante? Ce sont là deux éventualités qui à mon avis devraient être étudiées de façon approfondie.

32. Il me semble incroyable qu'au Canada où il existe des ressources abondantes d'uranium et de nombreuses ressources hydrauliques peu dispendieuses situées dans des endroits éloignés et pouvant servir à l'enrichissement de cet uranium, nous utilisions des réacteurs modérés à l'eau lourde et enrichis au plutonium.

33. Le fonctionnement de réacteurs modérés à l'eau lourde nécessite des réserves minimums d'uranium et une quantité minimum de combustible. Le recyclage du plutonium diminuera de façon importante le rendement de l'ura-

nium naturel en augmentant la consommation globale du combustible. Voilà tout le contraire de ce que souhaite un pays qui produit et exporte de l'uranium. Voilà tout le contraire de ce qu'on devrait faire pour venir en aide à nos mines d'uranium dont l'exploitation est au ralenti.

34. Il me semble également incroyable que nous songions à la vente sur les marchés mondiaux de notre réacteur quand nous ne pouvons même pas fournir le modérateur nécessaire à l'eau lourde ni le zirconium pour blinder le combustible. En outre, à l'heure actuelle, le Royaume-Uni et les États-Unis sont peut-être en meilleure posture que nous pour exiger à l'égard de l'énergie des prix alléchants dont nous envisageons la possibilité avec tant d'assurance. Dans ces circonstances, quel pays étranger envisagerait sérieusement d'acheter un réacteur canadien?

J'aimerais maintenant examiner deux questions qui semblent être en dehors du sujet. Cependant, je pense que vous en reconnaîtrez le bien-fondé à mesure que j'avancerai dans mon exposé.

#### *Beryllium et zirconium*

35. Le beryllium et le zirconium sont deux des métaux exotiques de l'ère nucléaire. Le premier est une substance qui peut servir à blinder les réacteurs refroidis au gaz et le deuxième, sous forme d'alliage de zircaloy, sert beaucoup à blinder les réacteurs refroidis à l'eau. Des difficultés se présentent quant à l'emploi de ces deux métaux.

36. On rapporte que le beryllium réagit tout à fait défavorablement quand il vient en contact avec l'oxide d'uranium à des températures d'environ 1100 degrés F.\*. Dans ce cas, la réussite du réacteur britannique AGR en sera sérieusement compromise, car ce réacteur est d'une catégorie à peu près intermédiaire entre le réacteur actuel Calder Hall et le véritable réacteur à haute température et refroidi au gaz. Il sera tout à fait également impossible de fabriquer le réacteur refroidi au gaz, modéré à l'eau lourde, et brûlant de l'uranium naturel dont un groupe de savants de Floride étudie les possibilités.

Messieurs, je dois peut-être vous rappeler que j'ai par le passé critiqué en public l'emploi de la plupart des types de réacteurs à eau lourde, dont le réacteur refroidi au gaz, et que M. Gray s'en est fait l'ardent défenseur.

Dans ses observations sur une allocution que j'ai faite à l'Institut des ingénieurs ici à Ottawa, en octobre 1959, M. Gray a déclaré ce qui suit:

Peut-être qu'il...

il s'agit de moi

... ignore que la société U.S. Westinghouse est en train de dresser les plans d'un réacteur de 17 Mw refroidi et modéré à l'eau lourde pour le compte de l'Administration d'énergie nucléaire des États de la Caroline et de la Virginie dont les tuyères pressurisées sont semblables à celles de notre centrale NPD-2; il ignore peut-être également que les centres nucléaires de l'est, du centre, et du littoral ouest de la Floride ont l'intention d'aménager une centrale de 58 Mw, refroidi au gaz et modéré à l'eau lourde?

Pour refuter les observations de M. Gray, j'ai répondu ce qui suit:

Je ne sais pas trop ce qu'il en est du réacteur des États de la Caroline et de la Virginie. C'est également le cas du réacteur de 58 Mw modéré à l'eau lourde et refroidi au gaz qu'envisage le groupe de la Floride. Bien qu'on puisse poursuivre certains travaux à cet égard, je suis d'avis qu'on mettra éventuellement fin à ce projet.

J'ai ensuite donné les raisons qui motivaient mon opinion.

Messieurs, permettez-moi maintenant de vous donner lecture d'un bref entrefilet qui a paru à la page 30 du *Globe and Mail* de samedi dernier. Il est en provenance de Washington, et porte la date du 12 mai.

\*NUCLEONICS, avril 1961, page 28.

Le programme réalisé en collaboration par le gouvernement et l'industrie en vue de la mise en valeur de l'énergie nucléaire s'est vu retardé par l'annulation de l'aménagement envisagé d'une centrale d'énergie atomique en Floride.

La Commission de l'énergie atomique a déclaré qu'étant donné certaines incertitudes techniques et économiques elle mettait fin aux travaux entrepris en collaboration par deux sociétés de service en vue de l'aménagement d'une centrale expérimentale de 50,000 kilowatts.

37. La société General Electric a éprouvé de nombreuses difficultés à sa centrale d'énergie nucléaire située à Dresden à cause de l'emploi comme blindage de l'alliage de zircaloy. Cet alliage s'effrite tellement sous la poussée de la corrosion que la société General Electric a décidé d'employer de l'acier inoxydable pour blinder la prochaine production de noyaux.

«Nous ne prétendons pas que le zircaloy ne vaut rien», affirme M. George White, directeur général du département de l'outillage d'énergie atomique de la société General Electric. «Seulement, on n'en connaît pas encore toutes les possibilités. Notre société n'est pas novatrice et nous ne pouvons nous payer le luxe de vendre des centaines de milliers de kilowatts dont ont besoin nos clients, et prendre le risque. Il nous faut être prudents. Nous devons donner des garanties.»

Nous n'avons aucunement l'intention de mettre le zircaloy de côté. Plusieurs secteurs de l'industrie pensent que nous faisons erreur, mais aucun n'a fait usage comme nous du zircaloy dans les conditions suivantes (combustible oxydé, exposition de longue durée, niveau élevé de chaleur allant jusqu'au bouillonnement.

Vous comprenez donc pourquoi nous ne tenons pas tellement à nous lancer dans l'aménagement d'une centrale importante; il faut y réfléchir longuement avant d'affecter 10 millions de dollars à la production de noyaux».\*

38. En ce qui concerne un réacteur qui utilise de l'uranium enrichi comme combustible, il peut être blindé en acier inoxydable plutôt qu'en zircaloy, ce qui n'augmente que faiblement le coût d'ensemble du combustible.

39. Par ailleurs, en ce qui concerne un réacteur qui utilise de l'uranium naturel, il serait tout à fait désastreux d'utiliser comme blindage de l'acier inoxydable plutôt que du zircaloy. Le réacteur ne fonctionnerait pas du tout. Par conséquent, ici au Canada, on mise tout notre argent sur le fonctionnement tout à fait satisfaisant du zircaloy.

40. Tandis que nous étudions la question du blindage en zircaloy, il importe peut-être de parler des tuyères pressurisées, fabriquées également de zircaloy. Messieurs, le procédé des tuyères pressurisées à eau lourde que nous employons au Canada constitue selon les ingénieurs un véritable cercle vicieux.

41. Si on tente d'améliorer le facteur de sécurité des tuyères pressurisées en les blindant, on introduit une plus grande quantité de matières parasitiques dans le réacteur, ce qui a pour conséquence de réduire sensiblement son fonctionnement et d'augmenter le coût de l'énergie.

42. Si on tente d'augmenter la pression de la vapeur pour améliorer le fonctionnement de la turbine, on doit alors blinder les tuyères à pression du réacteur afin de faire fonctionner avec sécurité le réacteur à une pression plus élevée.

43. Si les tuyères pressurisées horizontales sont trop longues, elles plieront. Il faut donc employer un plus grand nombre d'appuis et par conséquent utiliser une plus grande quantité de matières parasitiques à l'intérieur du réacteur. J'ai appris de sources bien informées que l'AECL n'a pas encore réussi à régler ce dilemme de façon satisfaisante en ce qui concerne le CANDU.

\*NUCLEONICS, avril 1961, page 25.

44. En toute franchise, je suis convaincu que notre programme d'expansion dans le domaine nucléaire va se heurter à de nombreuses difficultés. Plusieurs personnes bien informées aux États-Unis et au Royaume-Uni m'ont confié qu'elles sont du même avis. Pourquoi les États-Unis et le Royaume-Uni nous diraient-ils publiquement que nous sommes dans l'erreur? En continuant à nous laisser appliquer la mauvaise méthode pour exploiter notre énergie nucléaire, ils nous élimineront en définitive du nombre des concurrents importants qui dans le monde entier se livrent de façon effrénée à la vente des centrales d'énergie nucléaire.

#### *L'hélium canadien*

45. Le Canada possède une ressource dont peu d'autres pays du monde peuvent se prévaloir. C'est l'hélium.

46. L'hélium est absolument essentiel au fonctionnement des réacteurs nucléaires à haute température et refroidis au gaz, et il sert aussi à de nombreux autres usages\*.

47. Étant donné que les États-Unis possédaient jusqu'à dernièrement la seule source connue d'approvisionnement d'hélium dans l'hémisphère occidental, des pays comme l'Angleterre, la France, l'Allemagne de l'Ouest et peut-être d'autres n'étaient pas portés à entreprendre des projets dans le domaine technologique qui nécessitaient plus ou moins l'emploi de ce gaz. Ils n'entreprendraient certainement pas la réalisation d'aucun programme dont la réussite en dépendrait absolument.

48. On me l'a dit très catégoriquement en 1957 au cours d'un entretien que j'ai eu avec sir Christopher Hinton, grand responsable de l'aménagement de la centrale Calder Hall au Royaume-Uni. Je préconisais pour le sud de l'Ontario l'aménagement d'un réacteur refroidi au gaz, à haute température, ce qui l'a fait s'écrier: «monsieur Boyd, vous ne proposeriez pas sérieusement qu'on aménage au Canada un réacteur qui aurait absolument besoin d'hélium produit aux États-Unis.

49. A mon sens, cela illustre bien l'attitude de la plupart des non-Américains relativement à l'utilisation de l'hélium. Cependant, si on pouvait faire en sorte que toutes les nations de l'hémisphère occidental puissent se procurer facilement de l'hélium, ne modifieraient-elles pas leur attitude à notre avantage réciproque? Nous pourrions le faire, étant donné qu'on a découvert en Saskatchewan en 1959 de l'hélium en grande quantité.

50. Si l'approvisionnement en hélium est assuré, n'est-il pas possible que des pays comme l'Angleterre, la France et l'Allemagne de l'Ouest se hâteraient d'aménager un réacteur à haute température refroidi au gaz qui, de l'opinion de plusieurs, permettrait de produire de l'énergie nucléaire de façon vraiment rentable? Si nous, au Canada, collaborions avec les Britanniques à l'aménagement d'un tel réacteur, et si nous en poursuivions la mise au point dans notre pays, ne serait-ce pas là l'atout dont nous aurions peut-être tant besoin?

Je vous remercie, monsieur le président et messieurs.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, on nous a donné lecture d'un mémoire très bien préparé. Il n'a pas été préparé dans quelques heures, comme il arrive parfois à certain d'entre nous.

M. McILRAITH: Quelques heures?... quelques minutes!

M. DRYSDALE: Pas de publicité.

Le PRÉSIDENT: Chaque phrase du mémoire donne matière à réflexion. Nous en sommes maintenant à une étape très intéressante des travaux du Comité et

\*Il sert au fonctionnement des fusées à combustible liquide, à la fabrication des transistors, à des fins médicales, la soudure, aux ballons météorologiques, la détection des fuites, aux usages métallurgiques (atmosphères inertes).

j'aimerais que les membres me disent de quelle façon ils aimeraient que nous procédions.

Je crois que nous devrions nous réunir ce soir. Êtes-vous d'accord? Comme la plupart d'entre vous le savent, M. Gray a un engagement à l'étranger et nous allons tenir un plus grand nombre de séances que nous nous attendions. D'autres personnes qui étudieront le présent mémoire le feront avec beaucoup d'intérêt. J'espère qu'il vous convient de siéger ce soir. Pour ce qui est de la journée de demain, il ne faudrait pas gâter l'après-midi en assistant à une séance du Comité. Je propose que nous nous réunissions ce soir pour reprendre nos travaux jeudi et tenir deux séances ce jour-là.

M. BRUNSDEN: Je propose que nous ajournions maintenant.

Le PRÉSIDENT: Je vous ai entendu le proposer auparavant.

M. McILRAITH: Nous pourrions peut-être nous réunir ce soir et régler alors la question de la séance de jeudi.

Le PRÉSIDENT: D'accord, mais j'espère que nous pourrions avoir le quorum sans qu'il soit trop tard. Si un membre ne peut assister à la séance, je propose qu'il se fasse remplacer par quelqu'un d'autre. Cependant, je pense que ceux qui sont présents le seront certainement ce soir.

M. McILRAITH: A quelle heure?

Le PRÉSIDENT: On vous a avisé par la poste que le Comité siégerait à 8 heures. Allons-y pour 8 heures.

#### SÉANCE DU SOIR

Le PRÉSIDENT: Messieurs, nous sommes en nombre.

Cet après-midi nous avons entendu le témoignage de M. Boyd. M. Gray m'annonce qu'il aimerait verser au compte-rendu un bref exposé. Êtes-vous d'accord?

M. DRYSDALE: Avant de commencer, monsieur le président, pourrions-nous régler la question reportée de la dernière séance en ce qui concerne la lettre reçue de la *Yellowknife Transportation Company*?

Le PRÉSIDENT: Messieurs, nous avons reçu des lettres de M. Harcourt de la *Yellowknife Transportation* et de l'*Arctic Shipping*. On désiret obtenir des renseignements de M. Gilchrist au sujet des avoirs aux fins de présenter une offre.

M. McILRAITH: Je devais également recevoir une réponse de M. Gilchrist, qui m'est promise depuis longtemps. Puis-je obtenir ces renseignements?

Le PRÉSIDENT: M. Gilchrist doit revenir témoigner devant le Comité. Désirez-vous avoir ces renseignements avant qu'il revienne?

M. McILRAITH: Oui.

Le PRÉSIDENT: Je propose que le secrétaire pressente M. Gilchrist pour voir s'il possède des renseignements et dans le cas de l'affirmative, de les verser au compte-rendu. Cela vous convient-il?

M. McILRAITH: Oui.

M. BEST: Monsieur le président, j'aimerais savoir si les personnes à qui nous avons demandé de comparaître devant le Comité nous ont répondu à ce sujet. Je sais que ce n'est que la semaine dernière que certains noms ont été proposés, mais j'aimerais savoir si nous avons reçu des réponses de ces personnes, étant donné ce que nous prévoyons faire la semaine prochaine.

Le PRÉSIDENT: Le secrétaire a ces renseignements, monsieur Best. Il se peut que M. Tupper compareisse le 18 ou le 19. M. Golding a refusé de comparaître; si vous désirez qu'il compareisse, il faudra que nous lui délivrions une assignation.

M. BEST: Avez-vous dit que M. Tupper comparaitrait le 18 ou le 19?

Le PRÉSIDENT: Il y a également M. John Davis.

M. BEST: M. Tupper comparaitra donc cette semaine?

Le PRÉSIDENT: Je m'excuse, il ne pourra pas comparaitre le 18 ou le 19.

M. BEST: Pourra-t-il comparaitre la semaine suivante?

Le PRÉSIDENT: Il renseignera le secrétaire plus tard à ce sujet.

M. BEST: Et M. Davis?

Le PRÉSIDENT: Il comparaitra le 30 ou le 31 mai.

M. BEST: Pas avant cette date?

Le PRÉSIDENT: M. Frank Bleakley reviendra de l'Inde au cours de cette semaine. Le professeur Andrews comparaitra le mardi 23 mai et M. Alcock le vendredi 19 mai, si nous siégeons ce jour-là.

M. BEST: Seulement ce jour-là?

Le PRÉSIDENT: Vous vous souvenez sans doute que la semaine dernière nous avons prévu des réunions pour mardi, jeudi et vendredi de cette semaine.

M. DRYSDALE: Il sera facile d'ajuster le programme en conséquence.

Le PRÉSIDENT: M. Cook ne nous a pas encore donné de réponse. M. Ian McRae, président de l'Association nucléaire canadienne, comparaitra le mercredi 24 mai et M. Harold Smith le 24 mai.

M. McILRAITH: La journée de mardi sera bien occupée.

Le PRÉSIDENT: Si nous parvenons à tenir trois ou quatre séances par jour, ce ne sera pas si mal.

M. BEST: Ai-je bien compris que toutes ces personnes ont accepté de comparaitre, sauf M. Golding?

Le PRÉSIDENT: Le comité directeur pourrait-il tenir une réunion, messieurs? Quand cela vous conviendrait-il, monsieur McIlraith?

M. McILRAITH: Monsieur le président, M. Batten sera présent. Il assiste présentement à la réunion du comité des affaires des anciens combattants.

Le PRÉSIDENT: Êtes-vous d'accord pour que le comité directeur tienne une réunion demain?

Des VOIX: Entendu.

Le PRÉSIDENT: Nous pourrions peut-être la tenir après l'ordre du jour.

Messieurs, voilà pour la question des témoins et pour celle que vous avez soulevée, M. Drysdale. Le secrétaire verra si M. Gilchrist a préparé les renseignements désirés et dans le cas de l'affirmative ces renseignements seront donnés au Comité. Je crois que M. Gilchrist a ces renseignements en main.

J'ai annoncé antérieurement que M. Gray aimerait présenter un bref exposé aux membres du Comité. Évidemment, comme je l'ai dit antérieurement, M. Lewis et M. Lawrence, ainsi qu'un autre membre du personnel, sont ici présents.

Afin de procéder de façon ordonnée, je crois qu'on devrait interroger M. Boyd après que M. Gray aura présenté son exposé. Êtes-vous d'accord?

M. PITMAN: Pourrait-on les interroger tous les deux, étant donné que M. Gray doit nous quitter.

M. BRUNSDEN: Pourrait-on intervertir les rôles et interroger d'abord M. Boyd?

Le PRÉSIDENT: Je crois que vous conviendrez qu'il n'est qu'équitable de permettre d'abord à M. Gray de présenter son exposé, afin qu'il soit versé au compte rendu. Êtes-vous d'accord, messieurs?

Des VOIX: Entendu.

M. J. L. GRAY (*président de l'Atomic Energy of Canada Limited*): Monsieur le président, de nouveau cet après-midi j'ai écouté M. Boyd avec intérêt et un certain étonnement, mais je n'ai pas été vraiment surpris.

L'exposé de M. Boyd, comme ses exposés antérieurs sur ce sujet, était très bien préparé et il l'a présenté de façon superbe. Il n'y a aucun doute que M. Boyd soit un très bon orateur de même qu'un ingénieur très compétent qui possède une grande expérience dans la conception des ouvrages mécaniques. Évidemment, nous avons eu le privilège de connaître très intimement M. Boyd et les travaux qu'il effectuait au cours de la conception et de l'aménagement du réacteur NRU de 200 mégawatts à Chalk River. Vous constatez sans doute qu'il fait de son mieux pour vous faire connaître ses propres idées en ce qui concerne la conception des réacteurs.

De façon générale, je suis d'accord sur certains points étudiés par M. Boyd cet après-midi, tout en divergeant d'opinion sur d'autres points. A mon sens, il vous a donné des renseignements qui peuvent induire en erreur, surtout en ce qui concerne la sécurité du réacteur de type CANDU. L'exposé de M. Boyd comportait également quelques inexactitudes, peut-être parce qu'il citait des passages des journaux qui ne donnent pas toujours tous les aspects d'une question.

Il a soulevé une question qu'il considère importante et il a essayé de démontrer qu'il existait une divergence d'opinion entre moi-même, M. Foster et M. Smith. J'ignore pourquoi il a tellement insisté sur ce point, mais il importe peut-être que je fasse certaines observations à ce sujet. Il s'agit du coût du deuxième réacteur CANDU. Il est vrai que j'ai déclaré l'an dernier qu'en chiffres ronds, le coût du deuxième réacteur CANDU pourrait s'élever à 60 millions. M. Boyd a signalé que MM. Smith et Foster avaient prétendu lors de la Conférence mondiale sur l'énergie tenue l'an dernier que le deuxième réacteur CANDU coûterait 65 millions. J'aurais dû dire l'an dernier qu'il s'agissait de 65 millions, bien qu'on puisse affirmer qu'un écart de 5 millions sur un montant de 60 millions permet tout de même de parler en chiffres ronds. Cependant, on peut peut-être m'excuser d'avoir donné le chiffre de 60 millions étant donné que c'est le montant auquel est arrivé le personnel de l'estimation à l'égard du deuxième réacteur CANDU si on le construisait en même temps que le premier. Comme je l'ai signalé antérieurement, le deuxième réacteur CANDU coûterait 65 millions si on en commençait la construction avant 1965.

Je pense que la meilleure façon de résumer mon opinion sur l'exposé de M. Boyd, c'est de signaler que vous avez pu constater vous-même que ses opinions personnelles sont bien définies et quelque peu opposées à la ligne de conduite de l'AECL en ce qui concerne l'expansion de l'énergie nucléaire. Quand les directeurs de notre société présentent au gouvernement une recommandation concernant la ligne de conduite qui doit être suivie en matière d'énergie nucléaire, ils prennent connaissance de toutes les opinions valables possibles. Ils ne prennent pas seulement connaissance des opinions de nos propres scientifiques et ingénieurs mais ils tiennent compte de l'opinion de M. Boyd et prennent connaissance de ses travaux et ils essaient d'avoir l'opinion de personnes très compétentes qui demeurent dans d'autres parties du monde, surtout aux États-Unis et au Royaume-Uni.

La conférence annuelle tenue avec l'Autorité britannique de l'énergie atomique pour établir la ligne de conduite technique comprend toujours des membres de notre conseil d'administration ainsi que le président et quelques membres de l'Autorité, auxquels se sont joints des membres de leur personnel technique. On étudie en détail les divers types d'agents modérateurs de réacteur, y compris évidemment les agents modérateurs au graphite ainsi que les divers genres d'agents de refroidissement. A ma connaissance, les autorités scientifiques et administratives de la Commission de l'énergie atomique des

États-Unis et de l'Autorité britannique de l'énergie nous accordent leur ferme appui en ce qui concerne notre programme d'aménagement de réacteurs de puissance modérés à l'eau lourde. Nous participons également à des programmes conjoints d'aménagement de réacteurs de puissance à l'eau lourde entrepris aux États-Unis et au Royaume-Uni. A notre avis, l'opinion de personnes compétentes devant l'opinion de M. Boyd nous est nettement favorable et pour parler comme lui, elles sont supérieures par ordre d'importance.

Monsieur le président, M. Boyd a soulevé plusieurs questions qui en réalité ne relèvent pas de l'AECL, et je crois qu'on ne devrait pas nous obliger à faire des observations à ce sujet.

Sa recommandation voulant que le Comité du conseil privé sur les recherches scientifiques et industrielles devrait être remplacé par un ministère et un ministre de la science et du développement technique est vraiment en dehors de notre compétence.

Les tâches et l'exploitation de la Commission de contrôle de l'énergie atomique ne relèvent pas de notre compétence.

Toute la question de l'aménagement d'usines d'enrichissement d'uranium au Canada n'est pas du domaine de l'AECL. Bien que nous puissions avoir certaines opinions à ce sujet, cette question relève de l'*Eldorado Mining and Refining Limited* et des producteurs privés d'uranium.

Je pense que nous pourrions trouver des points de litige à chaque page de l'exposé de M. Boyd et le temps m'a certainement manqué cet après-midi pour rédiger mes observations. Je pense qu'il serait beaucoup plus avantageux pour les membres du Comité et pour l'AECL si les membres choisissaient les points soulevés par M. Boyd qui leur semble les plus importants et nous les commenterons de notre mieux.

Je pense qu'on a mentionné que nous avons parmi nous ce soir M. W. B. Lewis, vice-président de la Division des recherches et de la mise au point, et M. C. C. Laurence, directeur de la Division des recherches et de la mise au point des réacteurs, tous deux de l'AECL.

Le PRÉSIDENT: Je vous remercie, monsieur Gray.

M. DRYSDALE: Je sais que M. Gray n'a pas eu beaucoup de temps pour examiner et critiquer le rapport de M. Boyd, et je pense que cela ressort de la déclaration de M. Gray car il a seulement dit que certaines déclarations pouvaient induire en erreur. Je pense que vous avez parlé de la question de la sécurité en ce qui concerne le réacteur CANDU, et vous étiez d'avis que les renseignements donnés étaient inexacts et qu'ils avaient été puisés dans les journaux. M. Gray a ensuite déclaré, pour appuyer ses dires, que l'opinion des autorités penchait du côté de l'attitude prise par l'AECL. Je sais que ma critique n'est peut-être pas équitable, étant donné que M. Gray n'a pas eu beaucoup de temps à sa disposition, mais j'aimerais personnellement qu'on m'en dise plus long sur l'inexactitude des déclarations et j'aimerais également savoir quelles autorités appuient l'AECL. Je n'entends pas que M. Gray nous donne ce renseignement maintenant, mais je pense que cette question doit être soulevée.

M. BEST: J'aimerais soulever un point avant d'aller plus loin. Si j'ai bonne mémoire, j'ai demandé à M. Gilchrist de la société Eldorado ce qu'il pensait des usines d'enrichissement, et il m'a répondu que c'était peut-être à l'AECL de répondre à cette question. Il me semble qu'on se renvoie la balle à ce sujet. Si j'ai bonne mémoire, je crois que M. Gilchrist m'a répondu de cette façon.

M. GRAY: Je pense que vous faites allusion à un rapport rédigé par un employé de l'AECL sur les réacteurs à l'uranium quand nous étions dirigés par M. Bennett, qui était président des deux sociétés.

M. BEST: Je songeais à des questions que j'avais posées à M. Gilchrist, et je pense qu'il m'a répondu de cette façon. Je sais que j'ai posé la question. Je ne désire pas entrer dans les détails à ce sujet.

M. GRAY: Il n'incombe pas à l'AECL de fournir de l'uranium. Cela est tout à fait hors de notre domaine. Nous utilisons de l'uranium, mais nous l'achetons à titre de produit fini, ou presque fini, d'autres sociétés qui fournissent de l'uranium, dont la société Eldorado.

M. BEST: Abstraction faite de ce qui est du ressort de l'une ou l'autre société, n'êtes-vous pas d'avis que l'opinion de l'AECL devrait être primordiale en ce qui concerne le type de centrales à aménager.

M. GRAY: Seulement en ce qui concerne la façon d'utiliser ce matériel dans les réacteurs.

M. BEST: N'est-ce pas ce qui est le plus important?

M. GRAY: L'uranium enrichi n'est certainement pas utilisé davantage. Les usines d'uranium aux États-Unis n'ont certainement pas été construites pour permettre aux réacteurs d'utiliser de l'uranium enrichi.

M. BEST: Vos travaux visent l'utilisation pacifique de l'uranium?

M. GRAY: Je dois dire qu'on a fait une étude à ce sujet. C'est le Royaume-Uni qui a entrepris cette étude avec l'aide du Canada. C'est l'Eldorado et non l'AECL qui a poursuivi ce travail.

M. BEST: Je ne désire pas entrer dans les détails, mais je m'intéressais aux divers secteurs de responsabilité.

M. PITMAN: Si l'AECL avait décidé d'utiliser davantage l'uranium enrichi, n'est-il pas vrai que les fournisseurs canadiens auraient aménagé des usines d'enrichissement? En d'autres termes, l'AECL décide d'aménager un certain type de réacteurs, puis les producteurs produisent l'uranium enrichi pour son compte, n'est-ce pas?

M. GRAY: Oui, en définitive, mais non à court terme.

Le PRÉSIDENT: Voulez-vous parler des producteurs d'uranium au Canada?

M. PITMAN: Oui, de l'Eldorado et des autres producteurs.

M. GRAY: Je pense que dans les dix prochaines années ou même dans un délai plus grand, il serait beaucoup plus rentable, ce qui équivaldrait peut-être à des centaines de millions, d'acheter cet uranium enrichi des États-Unis, jusqu'à ce que l'envergure du programme justifie les dépenses d'établissement en cause, de sorte que je pense qu'à court terme le Canada ou tout autre pays qui construit des réacteurs d'énergie nucléaire achèterait cet uranium des États-Unis pour des raisons d'ordre économique. Il serait alors rentable de construire des usines d'enrichissement.

M. BRUNSDEN: Pouvons-nous poser une question à M. Boyd?

Le PRÉSIDENT: Je vous laisse décider de la façon d'interroger les témoins.

M. BEST: M. Gray a fait tout d'abord observer que M. Boyd était intéressé à faire connaître ses propres opinions sur la conception des réacteurs. Nous aimerions demander à M. Boyd quel intérêt a sa société dans cette question. J'imagine que cette question est légitime.

Le PRÉSIDENT: Certainement.

M. BRUNSDEN: J'invoque le règlement, monsieur le président. M. Boyd est un scientifique, nous l'avons écouté cet après-midi et il m'a appris bien des choses, mais je ne pense pas que nous devrions le mettre dans l'embarras.

M. BEST: Oui, s'il est dans l'embarras.

Le PRÉSIDENT: Je pense que M. Boyd est disposé à répondre à la question.

M. BRUNSDEN: Allons-nous nous en remettre à M. Boyd?

M. BEST: Je pense que M. Gray a posé une question très légitime.

Le PRÉSIDENT: Il semble, monsieur Brunsdén, que M. Boyd s'intéresse aux réacteurs.

M. BEST: Et alors?

Le PRÉSIDENT: Monsieur Boyd, nous avons une question à vous poser. Les membres désirent que vous dévoiliez l'intérêt que vous portez aux réacteurs.

M. BOYD: Tout d'abord, monsieur le président, j'aimerais remercier M. Brunsten de sa sollicitude, mais je n'ai aucune objection à dévoiler l'intérêt que je porte aux réacteurs. Il importe peut-être que je vous donne certains antécédents sur le sujet.

M. BEST: Nous les avons déjà.

M. BOYD: Voici d'autres renseignements. J'ai exécuté des travaux depuis 1951 à l'égard de réacteurs nucléaires, et étant donné les résultats de notre expérience je m'intéresse naturellement à la façon d'utiliser un réacteur nucléaire pour la production d'énergie. Lorsque j'exécute des travaux à l'égard du réacteur NRU, qui est un réacteur modéré à l'eau lourde, je n'ai jamais pu me persuader que la méthode de l'eau lourde était celle qui s'imposait pour la production d'énergie, étant donné la restriction qu'elle mettait sur la température maximum.

En 1956, j'ai pris connaissance d'un article du professeur Farrington Daniels de l'Université du Wisconsin. Le professeur Daniels avait antérieurement travaillé au projet Manhattan à Chicago et en 1944 il a avancé l'idée de l'aménagement d'un réacteur céramique à haute température, idée qui a reçu un certain appui à cet époque. C'est en 1956 que j'ai découvert cette idée d'un réacteur à haute température. A cet époque nous avons presque terminé les travaux à l'égard du réacteur NRU. Je me demandais comment un certain nombre des autres employés de ma société et moi-même pourraient continuer à travailler dans cette très intéressante entreprise. J'ai continué à étudier l'idée d'un réacteur à haute température avec refroidissement par gaz. J'ai contrôlé l'idée fondamentale avec M. Lewis à Chalk River. J'ai ensuite débattu mon idée avec les directeurs de la société C. D. Howe puis j'ai pressenti M. Crawford Gordon de la société *A. V. Roe Canada Limited* pour lui demander s'il serait probablement intéressé à la production d'énergie nucléaire et qu'il y avait la société C. D. Howe à certains ingénieurs techniques qui n'auraient bientôt plus rien à faire dans ce domaine, et que nous avions eu l'idée en fonction d'une proposition faite par un Américain il y a quelques années. Il semblait que cette idée s'imposait et qu'elle se rattachait aux travaux qu'exécutait sa société à l'égard des gaz à haute température. J'ai proposé que sa société finance cette étude, que les travaux relèvent de l'administration de la société C. D. Howe et que j'aie la charge des travaux.

A la suite de nombreux pourparlers, la société *A. V. Roe*, par l'entremise de la société *Orenda Engines Limited*, a décidé de financer ces travaux et nous avons continué de mettre cette idée au point pendant 17 mois, c'est-à-dire d'avril 1957 jusqu'à la fin d'août 1958. La société *A. V. Roe* a versé 145,000 dollars pour financer cette entreprise privée, et en août 1958 elle a décidé de mettre fin à cette enquête privée. Elle m'a confié la direction de l'entreprise en me permettant d'en faire mon profit. Ayant été le premier à lui faire part de cette idée, j'étais convaincu qu'elle était bonne et je désirais continuer à la mettre au point. La société m'a donc transmis les résultats de tous les travaux, comprenant les brevets éventuels que je pouvais vendre si je le jugeais nécessaire.

Ma propre société, *Winnett Boyd Limited*, a continué à financer les travaux pendant une autre période d'une année et quatre mois durant laquelle nous avons essayé d'obtenir l'appui de l'AECL et d'un certain nombre d'autres sociétés au Canada et aux États-Unis. Nous avons poursuivi nos travaux en Angleterre et avons obtenu peu ou presque pas d'encouragement. A cet époque j'avais de grands intérêts financiers dans le réacteur. Quand je me suis joint à la société *Arthur B. Little Incorporated* elle a examiné de nouveau toute la conception du réacteur. Elle ne l'a pas examinée elle-même mais en a confié

l'examen à une autorité en la matière et elle a décidé que l'idée était tellement favorable qu'elle était disposée à acheter le brevet et à poursuivre graduellement les travaux de mise au point.

Les travaux à l'égard d'un réacteur nucléaire ne peuvent pas progresser rapidement. Il s'agit d'une entreprise considérable qui exige beaucoup de temps et il est impossible d'en pousser la fabrication dans le monde à moins d'être certain qu'il existe des approvisionnements d'hélium dans les pays qui aimeraient adopter ce type de réacteurs. A l'heure actuelle je n'ai aucun intérêt financier immédiat dans ce réacteur. Je désire qu'il soit mis au point, mais c'est ma compagnie qui détient maintenant les droits dans le monde entier à l'égard de ce réacteur.

M. BRUNSDEN: Puis-je poser une question complémentaire? Je dois veiller aux intérêts du public canadien et je pose cette question par votre entremise, monsieur, tant à M. Gray qu'à M. Boyd. Quand le public canadien doit-il s'attendre qu'on atteindra le point final dans ce domaine?

Le PRÉSIDENT: Je préférerais que vous posiez la question à M. Gray.

M. BRUNSDEN: J'aimerais avoir une réponse.

M. GRAY: Je ne crois pas que personne ne puisse prévoir à l'heure actuelle le moment où on aura atteint le terme des découvertes dans le domaine de l'expansion nucléaire. Il est certain que le réacteur à eau lourde tout comme le réacteur à gaz à haute température seront surpassés un bon jour. Personnellement, je suis convaincu que le réacteur à eau lourde est plus pratique d'ici quelques années que le réacteur à gaz à haute température. A mon sens, il n'y a aucun doute que ce réacteur à gaz sera mis au point. Je sais qu'on travaille à l'heure actuelle à la réalisation d'un projet et que d'autres sont à l'étape de la conception. Il se peut que ce soit un bon réacteur, mais au stade actuel il ne fait pas notre affaire au Canada. Je regrette de ne pouvoir répondre précisément à la question de savoir quand il sera possible d'aller plus loin dans ce domaine, et je ne pense pas que même M. Lewis y irait d'une prédiction.

M. BRUNSDEN: Parlons des résultats à court terme.

M. GRAY: J'ai donné mon opinion et peut-être que M. Boyd aimerait s'y opposer.

M. STEARNS: Je désire poser une autre question à M. Boyd. J'ai connu la société Arthur D. Little à Cambridge durant quelques années. Est-elle en train à l'heure actuelle aux États-Unis de mettre votre réacteur au point?

M. BOYD: Tout dépend de la façon dont on définit l'expression «mettre au point».

M. STEARNS: Je sais qu'il s'agit d'ingénieurs de recherche, qui ont exécuté plusieurs travaux pour le compte de sociétés dont j'étais employé, mais je ne savais pas qu'ils exécutaient leurs propres travaux de mise au point. Ils donnaient plutôt des conseils plutôt que d'exécuter le travail.

M. BOYD: Ils ont fait leurs propres travaux de mise au point dans certains domaines, et nous continuons d'en effectuer à l'égard de ce réacteur.

M. PITMAN: Je me demande si nous ne pourrions pas examiner le présent mémoire par le début. A la page 2, M. Boyd propose entre autres choses que les domaines de la conception et des travaux de génie en matière d'énergie atomique ne devraient plus relever du gouvernement qui devrait se restreindre à être un organisme de réglementation; il propose que soit institué un ministère de la Science et du Développement technique et que soit nommé un sous-ministre qui serait un scientifique renommé ou un administrateur technique. Cette proposition m'inquiète, étant donné qu'au Canada nous avons réussi à faire en sorte que le domaine de la recherche scientifique nationale ne relève pas de la politique. Elle n'est pas devenue un ballon politique. Les hommes politiques n'exercent aucune pression sur les savants et voilà pourquoi, me semble-t-il, nous

pouvons être très fiers des accomplissements du Conseil national de recherches et, même si vous n'êtes pas d'accord, de ceux de l'*Atomic Energy of Canada* au cours des dernières années. N'est-ce pas que votre proposition de faire relever le domaine scientifique d'un ministère du gouvernement, et de l'assujétir aux règlements du service civil va mettre fin à ce qui, à mon sens, constitue un état de choses très heureux qui permet aux savants actuels de ne pas relever directement de la régie gouvernementale?

Le PRÉSIDENT: Avant que M. Boyd ne réponde, Monsieur Pitman, vous savez sans doute que le gouvernement du Royaume-Uni ainsi que les gouvernements de France et de certains autres pays comptent un ministre de ce genre.

M. PITMAN: Cela se peut bien, mais je constate qu'il a dit cela.

Le PRÉSIDENT: Et le président des États-Unis vient de nommer un conseiller scientifique.

M. PITMAN: M. Boyd l'a dit dans son mémoire.

Le PRÉSIDENT: Monsieur Boyd, désirez-vous faire certaines observations sur la question soulevée par M. Pitman?

M. BOYD: Je ne crois pas que cela modifierait de quelque façon les relations entre la politique et la recherche gouvernementale. En somme, les organismes actuels de recherche font rapport à plusieurs ministres.

M. MCILRAITH: Ils font rapport à un Comité du cabinet.

M. BOYD: Un des ministres est responsable devant le parlement.

M. MCILRAITH: A titre de président de ce comité.

M. BOYD: A titre de président du comité du Conseil privé.

M. MCILRAITH: Sur la recherche scientifique.

M. PITMAN: Dans l'ensemble, il est certain que les savants éprouvent une plus grande liberté en vertu de cet arrangement dans le domaine scientifique.

M. BEST: Une plus grande liberté que les savants de quel endroit?

M. PITMAN: Que les savants qui relèvent directement du gouvernement, et qui sont au service des fonctionnaires, comme aux États-Unis.

Le PRÉSIDENT: Il ne fait qu'exprimer sa propre opinion.

M. BEST: L'idée mise de l'avant par M. Boyd a été proposée par vous à la Chambre de même que par moi, sans que M. Boyd y soit pour quelque chose. Je pense que M. Pitman en fait dire beaucoup plus à M. Boyd que ne le laisse supposer son exposé. Par exemple, si je comprends bien la déclaration de M. Boyd, je ne vois pas qu'on envisage un changement de la situation de l'AECL ni d'autres sociétés de l'État. Elles pourraient peut-être faire rapport à un ministre responsable, mais comme c'est le cas en Angleterre, je pense que ce ministère a très peu de responsabilités et qu'il ne constitue qu'un moyen de faire parvenir les renseignements au cabinet.

M. PITMAN: Je conseille à M. Best de se reporter à la page 2 du mémoire de M. Boyd, où on lit ce qui suit:

Je n'ai pas l'intention d'engager un débat avec les fonctionnaires à cet égard...

— et il semble qu'il vise la fonction publique, car dans ce même alinéa il déclare ce qui suit:

...que plusieurs ministères poursuivant des recherches dans tant d'endroits, il y a risque que les efforts fassent double emploi et que des ressources soient gaspillées.

Monsieur Boyd, pouvez-vous donner des exemples à l'appui de votre allégation voulant qu'il y a de nos jours un risque qu'il y ait double emploi sur une haute échelle des travaux de recherches et de mise au point exécutés par le gouvernement au Canada?

M. BOYD: Le ministre des Mines et des Relevés techniques exécute certains travaux de recherche dans le domaine de la physique et de la métallurgie. Il exécute beaucoup de recherches dans ce domaine, que ce soit à l'égard de l'uranium ou de tout autre métal.

M. PITMAN: Ces ministères ont-ils des contacts entre eux, c'est-à-dire arrive-t-il que si des travaux sont entrepris dans le ministère des Mines et des Relevés techniques de même que par le Conseil national de recherches ni l'un ni l'autre n'en connaisse la nature?

M. BOYD: Vraisemblablement.

M. PITMAN: C'est très intéressant.

M. McILRAITH: Monsieur Boyd, à l'alinéa 12 de la page 2 de votre mémoire, vous parlez d'inclure dans les cadres du fonctionnarisme un nouveau sous-ministre senior, sans donner d'autres détails. Le domaine de l'énergie atomique relève d'une société de l'État. Avez-vous proposé que cette société relève du service civil à titre de ministère du gouvernement, ou qu'elle continue d'être une société de l'État; avez-vous une opinion précise à ce sujet?

M. BOYD: Je n'ai pas songé à résoudre tous les problèmes de façon précise, mais je pense que les recherches poursuivies par l'AECL pourraient très bien relever d'une division du Conseil national de recherches et que certaines autres activités de l'AECL ne devraient pas du tout relever d'un organisme public.

M. McILRAITH: Si on applique les dispositions de cet alinéa au Conseil national de recherches, vous savez que c'est un organisme statutaire et que la Loi sur le service civil exempte ses employés des exigences en matière d'embauchage, si je puis employer cette expression, qui s'appliquent aux fonctionnaires des autres ministères ou de tout autre ministère du gouvernement. Votre opinion est-elle qu'il devrait relever directement de la Commission du service civil, ou étiez-vous d'avis...

M. BOYD: Non. Je n'ai fait que proposer le principe général voulant que les divers organismes gouvernementaux de recherche relèvent d'un seul ministre de la Science et du Développement technique ou lui fassent rapport plutôt que de faire rapport au parlement par divers moyens comme c'est le cas présentement.

M. McILRAITH: Je pense qu'il est clair que vous vouliez que les activités relèvent d'un seul ministre...

M. BOYD: C'est exact.

M. McILRAITH: ...identifié comme tel: mais on ne sait pas très bien si dans votre opinion les employés, savants, ingénieurs et autres qui exécutent des travaux scientifiques et des travaux connexes au sein des organismes scientifiques qui existent à l'heure actuelle, devraient voir leur statut modifié et constituer un ministère du gouvernement comme les autres employés d'autres ministères du gouvernement.

Le PRÉSIDENT: Je ne pense pas, monsieur McIlraith...

M. BOYD: Il faudrait étudier ce point plus en détail. Le mémoire était trop court pour me permettre d'indiquer toutes les recommandations envisagées.

M. McILRAITH: D'après vos réponses, je crois qu'on peut dire de façon équitable que vous n'aviez pas l'intention de traiter ce point de détail dans votre mémoire.

M. BOYD: C'est exact.

Le PRÉSIDENT: Vous conviendrez, je pense, qu'il était surtout d'avis que le ministre ait un conseiller, c'est-à-dire un sous-ministre d'une haute compétence scientifique ou technique.

M. McILRAITH: Je ne savais trop moi-même ce qu'il voulait dire à cet égard, si on considère la méthode actuelle selon laquelle fonctionnent le Conseil national de recherches et l'AECL. C'est tout.

Le PRÉSIDENT: Oui.

M. PITMAN: Pouvons-nous revenir à la page 7 où M. Boyd parle de sa centrale d'énergie?

Le PRÉSIDENT: Je me demande si nous ne pourrions pas étudier le mémoire alinéa par alinéa? Que décidez-vous? Je ne m'oppose pas à ce qu'on saute d'un alinéa à l'autre.

M. STEWART: Monsieur le président, je crois qu'il est préférable d'examiner le mémoire alinéa par alinéa.

M. PITMAN: Pouvons-nous interroger les deux témoins en même temps à leur égard?

Le PRÉSIDENT: Oui.

M. DRYSDALE: Je diffère d'opinion avec M. Boyd au sujet de l'alinéa 13, où il dit que le ministre lui-même pourrait posséder une formation scientifique ou technique, mais que ce n'est pas essentiel. J'aimerais qu'il me fasse part de ses observations pour ma propre gouverne. Je pense qu'il serait d'importance primordiale que le ministre ait une formation technique et scientifique, parce que, à mon sens, un des problèmes qui peut se poser à l'égard de la coordination que vous préconisez, c'est que le ministre en cause ignore ce qui se passe.

M. BOYD: Je pense qu'il serait très utile s'il avait une formation scientifique et technique, mais que ce n'est pas absolument essentiel. Il est nécessaire qu'il puisse comprendre les savants et les ingénieurs.

Le PRÉSIDENT: Y a-t-il des questions sur l'alinéa 14? Vous pouvez poser vos questions sur un des alinéas 14 à 18 inclusivement.

M. BOYD: Monsieur le président, il y a une petite erreur typographique dans le tableau 1. Puis-je demander qu'elle soit rectifiée?

Le PRÉSIDENT: Oui.

M. BOYD: A la page A-2, au haut de la colonne de droite, le coût donné pour «Coût de l'emplacement, terrains et améliorations», devrait se lire 877,000 dollars plutôt que 507,000. Le total est exact. Ce n'est qu'une erreur typographique d'impression à l'égard de cet article de dépense.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, voulez-vous commencer par l'alinéa 19, 20, 21 et 22?

M. BEST: Oui, dans les alinéas 20 et 21, M. Boyd déclare que la Commission peut compter sur ses propres membres, tous des gens compétents, dont quelques-uns sont des savants, mais qu'il ne sont pas en nombre suffisant pour entreprendre les travaux sans faire appel aux services de quelqu'un d'autre. Plus loin dans son mémoire, il appuie beaucoup sur cet argument, surtout à cause des relations qui existent entre la Commission et l'AECL, vraisemblablement, parce qu'elle n'a pas suffisamment d'aide ni le temps nécessaire. D'après vous, combien de membres devrait compter la Commission pour qu'elle soit plus en mesure de résoudre le problème elle-même? Modifieriez-vous l'organisation actuelle de la Commission?

M. BOYD: Il y a au sein de la Commission de l'énergie atomique des États-Unis une division qui s'occupe de la réglementation. Je me suis informé à ce sujet et je crois savoir que cette division compte 38 employés professionnels à temps continu.

M. BEST: Qu'en est-il de notre division de la réglementation?

M. BOYD: J'ignore quel est le nombre des employés à temps continu qui font partie de cette division. M. Gray pourrait peut-être nous renseigner à ce sujet.

M. GRAY: Oui. Nous étudions la question de la C.C.E.A., et M. Laurence qui est ici présent est président du comité consultatif de la C.C.E.A. sur la sécurité des réacteurs. Je voudrais rectifier la fausse impression donnée par

M. Boyd que l'AECL cherche à dominer les membres de la C.C.E.A. qui font partie du comité de la sécurité des réacteurs. La façon de procéder est toute autre. Certains membres du comité de la sécurité font partie de l'AECL, mais si vous assistiez à l'une des séances où nous essayons de faire approuver l'aménagement d'un réacteur par le comité de la sécurité, vous ne jugeriez pas qu'on y fait preuve de connivence. Cela ressemble passablement à ce qui se passe aux États-Unis. Comme l'a signalé M. Boyd, le comité consultatif qui existe aux États-Unis faisait rapport jusqu'à dernièrement au directeur général de la Commission en passant par la filière. C'est maintenant un organisme distinct. Dès les débuts on a formé au Canada un organisme distinct, la C.C.E.A.

M. BEST: Savez-vous quel est le nombre d'employés à temps continu qui font partie de notre personnel?

M. GRAY: Je l'ignore; il y a deux employés professionnels à temps continu, M. Dewar et...

M. G. C. LAURENCE (*directeur de recherches, Division des recherches et de la mise au point des réacteurs*): Douze personnes assistent régulièrement aux réunions du comité consultatif sur la sécurité des réacteurs, dont quatre sont des employés de l'AECL. Les autres représentent divers autres ministères, comme le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social. M. Tourangeau représente le département de l'hygiène industrielle de la province de Québec.

M. BEST: Ces douze membres assistent aux réunions?

M. LAURENCE: C'est exact. En réalité, l'assistance varie de temps à autre, selon l'endroit où est situé le réacteur que nous étudions.

M. BEST: Savez-vous quel est le nombre des employés à temps continu de la Commission?

M. GRAY: Il y a MM. Mackenzie et Jarvis, avocat général et secrétaire; M. Dewar, conseiller scientifique et M. Boyd, conseiller scientifique adjoint.

M. LAURENCE: C'est exact.

M. GRAY: Ils travaillent à temps continu à la sécurité des réacteurs.

M. DRYSDALE: M. Boyd n'est pas celui qui témoigne ici ce soir.

M. GRAY: C'est une autre personne.

M. BRUNSDEN: Je suppose que les personnes qui font partie de cette Commission sont celles qui sont censées s'y connaître le mieux au Canada dans ce domaine.

M. GRAY: C'est notre avis.

M. BRUNSDEN: Je crois que vous avez l'appui de plusieurs personnes qui s'y intéressent.

M. GRAY: Oui; la sécurité des réacteurs est une question qui les intéresse. Je songe par exemple à la *Canadian General Electric Company*, qui s'intéresse au réacteur NPD et au réacteur CANDU; notre personnel fait part de tous les rapports publiés sur le sujet aux différents groupes de Chalk River, pour qu'ils les étudient en détail.

M. BEST: Cette commission de douze membres est-elle différente du comité présidé par M. Lewis ou du comité consultatif de l'AECL?

M. GRAY: Il s'agit de comités bien distincts. Il ne s'agit pas d'une commission. Ces douze membres font partie d'un comité consultatif de la Commission de contrôle de l'énergie atomique. La Commission elle-même compte cinq membres.

M. PITMAN: Pourquoi M. Boyd croit-il si fortement que les représentants de l'*Atomic Energy of Canada* ont une influence prépondérante sur les décisions du Comité qui compte douze membres?

M. BOYD: Ce sont les seuls qui ont une connaissance approfondie des questions nucléaires.

M. PITMAN: Pourrait-on nous dire quelles sont les huit autres personnes?

M. GRAY: Il ne s'agit pas du comité que je préside. Je préférerais que M. Laurence réponde à votre question.

M. PITMAN: Monsieur Laurence, pourriez-vous nous dire quels renseignements posséderaient ces autres membres du comité et de quelle genre de personnes s'agit-il? Vous pourriez peut-être déposer ces renseignements s'ils ne sont pas disponibles maintenant.

M. LAURENCE: Désirez-vous connaître les noms des membres?

M. PITMAN: Donnez-nous quelques renseignements à leur sujet.

M. DRYSDALE: Les noms et qualités de ces personnes et le ministère dont elles font partie.

M. LAURENCE: M. E. A. Watkinson du ministère fédéral de la Santé nationale et du Bien-être social; MM. Sowby et Adrian Booth du même ministère.

M. PITMAN: Sont-ils docteurs en médecine?

M. LAURENCE: Non, ce sont des savants. M. Adrian Booth est un chimiste. Les autres sont des biologistes, du moins je crois qu'on leur donne cette désignation. Il y a M. Grant Gibson, ingénieur chimique ou civil, je n'en suis pas sûr, mais c'est du moins un ingénieur. Il fait partie du ministère du Travail de l'Ontario. Il y a aussi M. Leppard, un physicien du ministère de la Santé de l'Ontario.

M. PITMAN: Est-ce un physicien nucléaire?

M. LAURENCE: C'est un physicien atomiste. Il y a M. Harold Smith de la Commission hydro-électrique de l'Ontario. Le doyen Henri Gaudefroy de l'Institut polytechnique de Montréal. J'ai mentionné auparavant M. Tourangeau. Les quatre membres qui font partie de l'AECL sont M. Mawson, biologiste; M. Gordon Stewart, un physicien; M. Fred Gilbert, un ingénieur, et moi-même qui suis physicien.

M. CROUSE: Monsieur le président, M. Laurence a signalé il y a un instant que les douze membres du comité siégeaient à différents endroits à différents moments, selon l'emplacement des réacteurs à l'étude.

M. LAURENCE: Par exemple, je voulais dire que lorsqu'on étudie un réacteur situé à l'Université McMaster les membres du Québec n'auraient pas grand avantage à y assister. Nous invitons également d'autres personnes de l'endroit à participer à nos entretiens quand l'emplacement du réacteur est situé à un endroit qui les intéresse.

Le PRÉSIDENT: Je demanderais à MM. Laurence et Lewis de venir s'asseoir ici.

M. CROUSE: Combien de réacteurs font l'objet de votre étude présentement?

M. LAURENCE: Seulement deux à l'heure actuelle, à savoir le NPD et le CANDU.

M. CROUSE: A quel stade sont rendus ces réacteurs? Sont-ils tous deux au stade de la mise au point?

M. LAURENCE: Tous deux sont au stade de la conception et de l'aménagement. Tant la conception que l'aménagement du NPD tirent à leur fin. Quant au CANDU, la conception en est presque terminée mais l'aménagement ne fait que commencer.

M. CROUSE: La conception du CANDU est la même?

M. LAURENCE: Non. Le CANDU est le réacteur de 200 mégawatts. Le NPD est un petit réacteur expérimental situé en amont de Chalk River.

M. BOYD: Puis-je dire quelques mots?

M. BEST: Je demanderais également à M. Boyd de répondre à la question posée par M. Pitman. Je n'ai pas entendu la réponse.

M. BOYD: On vous a donné la liste des membres du sous-comité consultatif sur la sécurité des réacteurs, dont la compétence est bien connue. La plupart en connaissent beaucoup sur les effets de la radiation. Un petit nombre sont ingénieurs, et par conséquent en connaissent relativement peu sur les problèmes de génie que peuvent comporter les facteurs de sécurité, les tuyères pressurisées et autres. Un des membres, M. Smith, est intéressé à la question, car il dirigeait les études visant la conception du CANDU.

M. GRAY: C'est un ingénieur très compétent.

M. BRUNSDEN: M. Laurence a parlé des autorités locales. Je me demande qui peut être considéré comme autorité locale dans ce domaine particulier. J'ignore qui pourrait être considéré comme une autorité dans ma province. Il s'agit d'un sujet très intéressant et hautement scientifique. M. Laurence aurait-il l'obligeance de me dire ce qu'il entend par autorité locale?

M. LAURENCE: Ce qui porte à confusion, c'est que j'employais le terme autorité dans le sens de responsabilité en vertu d'une loi provinciale ou municipale.

M. BRUNSDEN: Dangers.

M. LAURENCE: Dangers en ce qui concerne le ministère de la Santé de l'Ontario et les fonctionnaires sanitaires locaux.

M. BRUNSDEN: Mais non en ce qui concerne la mise au point?

M. LAURENCE: Non en ce qui concerne les connaissances spécialisées. Je pense qu'on ferait une grave erreur si notre comité ne comptait comme membres que les personnes qui possèdent des connaissances dans le domaine spécialisé des sciences et de la technologie nucléaire.

En réponse à une autre observation qu'on a faite voulant que le comité compte un si petit nombre d'ingénieurs, je dois dire qu'il en compte cinq, et je pense que c'est une proportion très convenable.

M. PITMAN: S'agit-il d'ingénieurs qui s'y connaissent en recherches nucléaires?

M. LAURENCE: Il y en a trois dans cette catégorie.

M. PITMAN: Combien sur ces trois font partie de l'AECL?

M. LAURENCE: Un.

M. PITMAN: Un des trois.

M. BOYD: Quel est son nom?

M. LAURENCE: M. Fred Gilbert.

M. BOYD: M. Harold Smith n'est-il pas attaché à l'AECL?

M. LAURENCE: Non.

M. GRAY: En partie.

M. PITMAN: Pourrait-on expliciter davantage et nous dire à quel organisme il était rattaché en partie?

M. DRYSDALE: Je pense qu'il nous avait été détaché par le gouvernement de l'Ontario.

M. GRAY: Il nous est détaché et nous avons fait beaucoup appel à ses services pour ce qui est des études relatives à la conception du NPD puis du réacteur CANDU.

Le PRÉSIDENT: Versez-vous une partie de son traitement?

M. GRAY: Il travaille avec nous environ une journée par mois. C'est l'ingénieur général adjoint de l'Hydro-Ontario. Je puis vous assurer qu'il s'agit d'un travail à temps continu.

M. BOYD: Permettez-moi de poser une question. La division du NPD vous fait-elle rapport par son entremise?

M. GRAY: En ce qui concerne l'organisation du travail.

M. BOYD: N'est-ce trop lui demander que de critiquer les plans qu'il a dressés?

M. GRAY: Pas du tout. C'est un ingénieur honnête comme certains d'entre nous.

M. BEST: Vous parlez de façon très générale.

M. DRYSDALE: On a mentionné le facteur de la sécurité en ce qui concerne les tuyères pressurisées. Je croyais que le ministère du Travail de l'Ontario avait établi une norme de quatre. Pourriez-vous expliciter davantage? La norme a été réduite à trois. Que signifient ces deux chiffres? Je m'excuse d'anticiper mais je pense que cette question se rattache à la question de la sécurité.

M. BOYD: Le facteur de sécurité est la proportion dans le cas présent entre la puissance ultime de tension de la matière et la tension réelle à l'usage.

M. GRAY: Réelle?

M. BOYD: Sa tension réelle à l'usage.

M. STEARNS: N'avez-vous pas dit qu'il se produisait une réaction en chaîne à mesure que la température s'élève et que le refroidissement diminue?

M. BOYD: Il s'agit d'un autre sujet, d'une réaction à chaîne.

M. STEARNS: Cela n'a aucun rapport avec le facteur proportionnel de sécurité.

M. BOYD: Non.

M. GRAY: Cela n'a aucun rapport avec les réactions nucléaires à chaîne.

M. DRYSDALE: Quelle différence y a-t-il entre un facteur de sécurité de trois et un facteur de sécurité de quatre?

M. BOYD: Prenons un chiffre rond qui peut être divisé tant par trois que par quatre. Prenons une puissance ultime de tension de 60,000 livres le pouce carré. Si on emploie le facteur de sécurité de trois, cela veut dire qu'on peut faire fonctionner la matière jusqu'à une tension de 20,000 livres le pouce carré. Si on applique un facteur de sécurité de quatre, on peut faire fonctionner la matière jusqu'à une tension de 15,000 livres le pouce carré. Par conséquent, l'augmentation de la tension, si on diminue le facteur de sécurité à trois en proportion de l'augmentation qui se serait produite si le facteur de sécurité avait été de quatre, est de 5,000 livres le pouce carré sur une base de 15,000 livres, ou une augmentation de  $33\frac{1}{3}$  p. cent.

M. DRYSDALE: Le facteur de sécurité inférieur de trois augmente-t-il l'efficacité du réacteur par rapport à un facteur de sécurité de quatre?

M. BOYD: Oui. Il réduit la quantité de matières parasitiques à l'intérieur du réacteur, et voilà une des raisons pour lesquelles on favorise l'emploi du facteur inférieur de sécurité.

M. NUGENT: Monsieur le président, étant donné que M. Boyd a le loisir de répondre aux observations faites par d'autres personnes en ce qui concerne les facteurs de sécurité, trouveriez-vous à redire si M. Laurence nous donnait sa propre réponse relativement aux facteurs de sécurité de quatre et de trois, pour répondre à l'alinéa 63 à la page 13.

M. W. B. LEWIS (*vice-président et directeur de la Division des recherches et de la mise au point, Atomic Energy of Canada Limited*): Monsieur le président, je suis quelque peu intéressé à ce sujet. M. Laurence est membre du comité de la sécurité et il lui est donc impossible de se prononcer directement.

Monsieur le président, je puis vous assurer que nous ne traitons pas cette question à la légère. En réalité, nous avons plusieurs arguments pour motiver la sagesse de notre choix.

En premier lieu, il s'agit ici d'un tube situé au centre d'un réacteur dont personne ne pourrait s'approcher à cause de l'intensité de la radioactivité. On peut comparer un défaut du tube pressurisé d'un réacteur à la brisure de la grosse extrémité d'un moteur à combustion interne, ce qui constitue une panne. Il n'y a aucun danger immédiat pour quiconque si le tube se brise. En réalité, il nous faut plusieurs arguments pour démontrer au comité de la sécurité ce qui arrive exactement dans le cas de la brisure d'un tube et le comité de la sécurité nous oblige à prendre des mesures très strictes pour nous assurer qu'il n'y a aucun danger pour quiconque dans le cas de la brisure d'un tube sous pression.

Le code de sécurité à l'égard des matières bien connues indique quel facteur de sécurité devrait être employé. Cependant, le zircaloy ou tout autre alliage de zirconium que nous utilisons n'est pas une de ces matières connues. Par conséquent, on pourrait peut-être alléguer qu'il faudrait un facteur de sécurité plus étendu. Cependant, nous avons choisi de faire éclater ces tubes c'est-à-dire de hausser la pression en fonction d'un facteur élevé jusqu'à ce que les tubes éclatent afin d'établir qu'il n'y a rien d'inconnu au sujet de cet éclatement. On constate à la faveur de cet éclatement que les bouts des tubes où ceux-ci se joignent sont très résistants. Ce sujet est étudié dans la livraison de la revue *Nucleonics* dont a parlé M. Boyd, dans un article de M. Wolfe, un ingénieur.

J'aimerais mentionner un autre facteur qui nous intéresse, celui de la production rentable de l'énergie nucléaire. Si nous adoptons un facteur de sécurité de quatre, ce qui nous est très loisible, le consommateur d'énergie versera un prix plus élevé. Nous comparons donc la rentabilité aux dangers et nous surveillons le danger à plusieurs égards. D'autre part, si nous avions l'intention d'utiliser un facteur de sécurité de quatre plutôt que de trois, il est probable que nous utiliserions un autre alliage. Cela retarderait probablement le parachèvement du réacteur parce que l'alliage zircaloy que nous utilisons est le mieux connu bien que les autres alliages que nous possédions soient beaucoup plus résistants. En réalité, ces alliages nous permettraient de produire de l'énergie à meilleur marché. Cependant, nous ne sommes pas au bout de nos recherches à ce sujet. Est-ce que cette réponse vous satisfait?

M. DRYSDALE: En guise de question supplémentaire, j'aimerais savoir s'il est possible qu'un tube pressurisé qui éclate donne lieu à une réaction de fuite au sein du réacteur et, dans le cas de l'affirmative, quels sont les dommages les plus considérables auxquels on pourrait s'attendre en ce qui concerne soit le réacteur NPD ou le réacteur CANDU.

M. LEWIS: Nous n'envisageons aucune réaction de ce genre. Évidemment, on ne peut pas prétendre à l'infailibilité, mais nous avons étudié cette question et personne n'a mentionné le fait qu'une réaction en chaîne pourrait se produire à la suite d'un éclatement d'un tube.

M. BEST: Vous avez dit qu'il n'y aurait aucun danger à ce que le tube éclate au sein du réacteur, mais est-il facile de remplacer un tube particulier?

M. LEWIS: Nous avons exigé de l'ingénieur qui a tracé les plans que ce remplacement soit possible. En réalité, les outils à cet égard sont conçus et fabriqués pour le réacteur NPD.

M. BEST: Vous avez parlé de l'éclatement artificiel des tubes en fonction d'une augmentation de la pression. Serait-ce différent d'une usure du réacteur au cours d'une, de deux, ou de cinq années? L'usure d'un tube au cours d'une certaine période de temps serait-elle différente?

M. LEWIS: Cela est évident. Il serait tout à fait impossible d'atteindre ces pressions élevées dans les réacteurs, de sorte que nous ne pourrions faire éclater un tube du réacteur de cette façon. Si un tube éclate dans le réacteur, c'est probablement parce que le tube est défectueux. Cela pourrait arriver si

un défaut se produisait à la longue dans le tube ou dès sa construction, bien que nous ne le souhaitions pas. Il nous incombe de nous assurer de la bonne qualité de ces matériaux. Cet éclatement aurait pu être causé par la corrosion ou par tout autre procédé continu. Par conséquent, il nous faut éviter que cela se produise.

M. BEST: Il est plutôt difficile de voir ce qui se produirait en réalité, par l'usure ...

M. LEWIS: Oui.

M. BEST: ... d'un tube, et en ce qui concerne un facteur de sécurité.

M. LEWIS: Oui. Nous utilisons ce genre de tube dans les réacteurs NRX et NRU à Chalk River, mais il s'agit de tubes simples, qui réagissent de façon parfaite comme ils le doivent. Il serait impossible d'obtenir des statistiques qui vaudraient pour le grand nombre de tubes dans les réacteurs de puissance.

Le PRÉSIDENT: Depuis quand les tubes dont vous parlez sont-ils utilisés dans les deux réacteurs?

M. LEWIS: Si ma mémoire est bonne, il y a un peu plus de trois ans pour ce qui est des tubes du réacteur NRX et environ deux ans pour ceux du NRU.

M. BEST: Ont-ils fait l'objet d'une tension comparable?

M. LAURENCE: Non, mais à notre avis cela est secondaire. Nous envisageons d'installer dans les réacteurs d'autres tubes qui pourront faire l'objet de ses tensions plus élevées. Jusqu'ici, nous avons effectué des études sur les effets de la tension en nous servant de petites quantités de la matière contenue dans les réacteurs.

M. PITMAN: Puis-je demander à M. Laurence s'il faisait partie du comité de la sécurité quand on a modifié cette proportion de quatre à trois?

M. LAURENCE: Oui.

M. PITMAN: A votre avis, y avait-il une grande divergence d'opinion au sein du comité à cette époque?

M. GRAY: Cette modification n'a pas été apportée par le comité de la sécurité, mais par le ministère du Travail. Le ministère du Travail de l'Ontario a accepté cette proportion comme étant raisonnable.

J'aimerais ajouter un mot et dire que cela n'est pas exceptionnel. Je ne m'y connais pas autant que M. Boyd en matière d'aéronefs, mais je crois savoir qu'il n'y a aucun danger à passer de quatre à trois. Pour certains aéronefs, on passe même de quatre à un et même au delà.

M. NUGENT: En ce qui concerne le changement de quatre à trois, vous voulez dire qu'en raison des diverses circonstances où il sera utilisé, le chiffre de trois était aussi raisonnable et aussi sûr que celui de quatre l'était dans d'autres circonstances?

M. GRAY: Je ne pense pas qu'on puisse dire que trois est plus sûr que quatre dans n'importe quelle circonstance. Cependant nous étions justifiés d'adopter un chiffre inférieur à quatre pour de bonnes raisons. La fabrication de ce métal a été bien contrôlée, beaucoup plus que celle de l'acier ou de l'aluminium. On l'inspecte convenablement et on lui fait subir toutes les épreuves connues.

M. LAURENCE: Permettez-moi d'ajouter que le comité a étudié de façon approfondie cette question de la réduction du facteur de sécurité de quatre à trois. Le comité était également d'avis que nous devons suivre l'opinion du ministère du Travail de l'Ontario, étant donné que cette question relevait également de lui. Nous avons donc accordé toute l'attention voulue à cette question, mais je pense qu'à cette époque les membres du comité n'éprouvaient aucune inquiétude à ce sujet.

Le PRÉSIDENT: Monsieur Laurence, pour revenir sur cette même question, qui au ministère du Travail serait compétent pour accepter une opinion ou mettre votre opinion en doute?

M. LAURENCE: Plaît-il?

Le PRÉSIDENT: Qui du ministère du Travail de l'Ontario serait en mesure de mettre en doute votre décision ou votre recommandation?

M. LAURENCE: Ceux dont relève l'approbation ou la délivrance des permis à l'égard des chaudières sous pression.

M. BEST: S'est-il agi d'une recommandation de votre part, ou d'une demande au ministère?

M. LAURENCE: Non, nous avons étudié la question en même temps. Le ministère du Travail a été consulté parce que son approbation était nécessaire.

M. BEST: Qui a fait la demande?

M. GRAY: Ceux qui ont conçu le réacteur. On a fait la demande au ministère du Travail de l'Ontario parce que le tube sous pression serait utilisé dans la province d'Ontario.

M. DRYSDALE: Monsieur Laurence, on a déclaré qu'on ignore encore bien des choses au sujet de l'alliage de zirconium et de la sécurité de ce métal. J'aimerais demander qui possédait l'expérience voulue au ministère du Travail pour être en mesure de juger vos affirmations? En toute franchise, ils se sont fiés à vous, n'est-ce pas?

M. LAURENCE: Pas du tout. La Société américaine des ingénieurs mécaniques a institué un comité qui a établi le code relatif aux chaudières, document sur lequel s'appuient tous ceux qui s'intéressent à la sécurité des chaudières sous pression. Ce comité a étudié la question du facteur de sécurité qui doit s'appliquer aux tubes fabriqués d'alliage zirconium dans des chaudières de réacteur, et je crois savoir qu'il a été consulté par le ministère du Travail de Toronto.

M. DRYSDALE: Supposons, bien que d'après vous, cela soit impossible, qu'il y ait une réaction de fuite, quelles en seraient les répercussions sur la chaudière?

M. LAURENCE: Monsieur le président, j'hésite à répondre, étant donné que je ne comprends pas ce que viennent faire les tubes de chaudière dans cela.

M. DRYSDALE: Je songe à la sécurité en général. Si une réaction de fuite se produisait dans toute l'installation, y aurait-il une explosion?

M. LAURENCE: Cela pourrait arriver mais c'est très improbable.

M. DRYSDALE: Est-ce que cela ressemblerait à une explosion atomique ordinaire?

M. LAURENCE: Non.

M. DRYSDALE: Le public en général s'inquiète à ce sujet et il me semble qu'il manque de renseignements à cet égard. Je pense qu'il serait très utile que vous indiquiez les résultats maximums qui pourraient découler d'une telle situation. L'homme de la rue ne sait pas quels sont les facteurs de pression des agents refroidisseurs mais il saurait à quoi s'en tenir sur les effets d'une explosion. Auriez-vous l'obligeance d'explicitier cette question davantage.

M. LAURENCE: En janvier dernier une explosion s'est produite dans un réacteur de puissance à Idaho Falls, qui relève de la Commission américaine de l'énergie atomique. Trois personnes sont mortes à la suite de cet accident. Il ne s'agissait pas, pour n'importe quel observateur qui connaît les facteurs de pression d'une explosion atomique, dans le sens que vous l'entendez, et comme le comprend la plupart des gens. C'est le genre d'explosion à laquelle on s'attendrait.

M. DRYSDALE: Qu'en est-il au sujet du réacteur CANDU?

M. MCILRAITH: Laissez-le terminer sa réponse.

M. LAURENCE: Permettez-moi de vous donner quelques antécédents sur les types de réacteurs NPD et CANDU. Le réacteur NPD a été d'abord conçu comme un type de réacteur du genre d'une chaudière sous pression, dont le blindage extérieur avait un diamètre de onze à douze pieds. Ce blindage était destiné à soutenir la pression interne de l'agent refroidisseur. Plus tard, lorsque la conception de ce réacteur était plus avancée, ses créateurs ont décidé d'abandonner cette conception pour la remplacer par une autre qui nécessitait l'emploi de tubes sous pression en alliage de zirconium. Plusieurs raisons ont motivé ce changement, dont une était la sécurité. Ils étaient d'avis que le réacteur formé de tubes sous pression était plus sûr que le réacteur du genre chaudière sous pression. Par exemple, si une fuite nucléaire se produisait dans un réacteur du genre chaudière sous pression, les fragments de la chaudière pourraient être très considérables. Il est très difficile de prendre les mesures de sécurité nécessaires dans le cas d'un accident. Il faudrait que l'immeuble soit beaucoup plus robuste pour résister à l'impact de tels missiles. En second lieu, il fallait que dans une panne de cette sorte l'eau et la vapeur à haute pression puissent être rejetées. Si la chaudière du réacteur faisait défaut il y aurait une augmentation subite de pression dans l'édifice, qui serait probablement très considérable parce que subite, tandis que dans le cas des tubes sous pression la vapeur s'échappe beaucoup plus graduellement d'un des tubes en panne et il est possible de contrôler la pression exercée par l'agent refroidisseur qui s'échappe. C'est ce qui se produit dans la conception des deux réacteurs. On a décidé, dans l'intérêt de la sécurité, d'abandonner le type de réacteur à chaudière sous pression et d'adopter le réacteur à tube sous pression.

M. DRYSDALE: Supposons que la plus grande fuite possible se produisait dans le réacteur CANDU, les facteurs de sécurité qui existent feraient-ils en sorte que les dégâts ne se produiraient que dans la région immédiate? Y aurait-il explosion et y aurait-il également danger de radiation?

M. LAURENCE: Ceux qui ont dressé les plans du réacteur prétendent en avoir tenu compte, mais étant donné que la question est à l'étude, il ne m'appartient pas d'en dire plus long à ce stade.

M. GRAY: Vous ne seriez peut-être pas embarrassé si M. Lewis répondait à cette question.

M. LEWIS: Il incombe aux ingénieurs de dresser les plans du réacteur de telle sorte qu'aucune fuite ne se produise si le pire accident que nous pourrions envisager avait lieu. Il ne devrait y avoir aucune fuite de matière radioactives du réacteur dans l'atmosphère extérieur si un tel incident se produisait, et le public n'en serait pas affecté.

M. DRYSDALE: Le réacteur se consumerait lui-même.

M. LEWIS: Il faudrait épurer considérablement l'intérieur de l'édifice.

M. STEARNS: A l'alinéa 135, M. Boyd a mentionné l'accident survenu en 1952 lorsque des tubes sous pression...

M. NUGENT: Je désire terminer une question sur ce même alinéa.

M. STEARNS: Ne sommes-nous pas à étudier cet alinéa?

M. PITMAN: Nous étudions le facteur de sécurité.

Le PRÉSIDENT: Monsieur Stearns, vous avez la parole.

M. STEARNS: Je me demandais quel était votre facteur de sécurité en 1952, et si vous êtes d'avis que ce genre d'accident puisse se produire de nouveau?

M. LEWIS: Je pense que M. Boyd se permet des licences dans cet alinéa, quand il parle d'un tube sous pression du NRX qui a éclaté en 1952. Je n'ai pas eu connaissance qu'un tube pressurisé du réacteur NRX ait éclaté. Il

s'est certainement produit en 1952 un accident où des tubes sous pression d'aluminium ordinaire aient éclaté. Les résultats sont habituellement plus graves si un tube pressurisé éclate. L'accident n'a pas été aussi grave que le laisse entendre M. Boyd. Comme nous le savons, l'épuration du réacteur a duré toute l'année 1953. Jusqu'à l'année suivante, en réalité, nous espérons qu'aucun accident ne se produisit jusqu'à ce qu'un employé se fut broyé le pouce dans un appareil vers la fin des travaux d'épuration. On ne doit pas exagérer en disant que les résultats ont été assez mauvais. Ils l'ont été, mais nous nous en sommes réchappés. Quant à la déclaration voulant qu'on ait signalé des quantités de radiation jusque dans la partie nord de l'État de New-York, d'après le compte rendu du *Toronto Star Weekly Magazine* du 2 avril 1960, cela est arrivé il y a un an mais m'a échappé. Je ne suis aucunement porté à y ajouter foi.

M. PITMAN: J'aimerais que vous nous donniez votre opinion sur l'autre article de journal qu'on a mentionné, à savoir l'article du *Globe and Mail* sur le facteur de sécurité: «Des savants courent le risque de la radiation pour découvrir un comburant au combustible atomique». M. Boyd pourrait peut-être répondre à cette question. Est-ce un savant ou un physicien nucléaire qui a écrit cet article et êtes-vous d'avis qu'il se rapproche de la vérité scientifique?

M. LEWIS: D'après ce que je connais des journaux, les auteurs des manchettes sont différents de ceux des articles. J'ignore quels sont ceux qui rédigent les manchettes.

M. NUGENT: Monsieur le président, M. Laurence ou M. Lewis pourraient-ils faire certaines observations sur le début de l'alinéa 63 à la page 13 où M. Boyd allègue qu'il existe un conflit direct entre la sécurité et la rentabilité des réacteurs, qui n'existe pas en ce qui concerne tout autre type de réacteur, étant donné qu'il s'agit de réacteurs comportant des tubes pressurisés. Il m'a semblé que M. Laurence aurait déclaré qu'on a constaté qu'il était plus sûr d'aménager un réacteur à tubes pressurisés plutôt qu'un réacteur de type chaudière sous pression, de sorte qu'il n'est aucunement question de ne pas tenir compte de la sécurité.

M. LAURENCE: Cela est évident. Il peut s'élever des conflits dans la conception de n'importe quel réacteur, comme il s'en élève dans l'industrie aéronautique et à l'égard d'autres réacteurs qui me viennent à l'esprit, où un réacteur possède un système de refroidissement hautement saturé de matières radioactives comme, par exemple, certains réacteurs qui utilisent comme agent refroidisseur le gaz à haute température. Il existe un conflit—que ce soit ou non dans la conception du réacteur—entre la rentabilité et la sécurité, et on doit en arriver à un compromis à cet égard.

M. BEST: Est-il possible de dire, à titre de proportion, quelle serait l'augmentation de la rentabilité ou la diminution de la puissance qui a résulté ou qui résulterait en ce qui concerne ce facteur de sécurité de quatre à trois.

M. LAURENCE: Je ne suis pas en mesure de répondre à cette question.

M. PITMAN: Le zircaloy est-il un alliage de blindage qui est censé assurer la sécurité des tubes?

M. LAURENCE: Non, c'est une matière qui d'après ses propriétés atomiques est plus appropriée pour être utilisée à l'intérieur d'un réacteur que la plupart des matières structurales plus communes.

M. PITMAN: Monsieur Boyd, êtes-vous d'avis que la société General Electric a éprouvé beaucoup de difficultés dans l'emploi de cet alliage zircaloy étant donné sa tendance à la corrosion? Votre exposé renferme deux déclarations que j'ai peine à comprendre. Elles figurent à la page A-11 dans les termes suivants:

La société General Electric a décidé d'employer de l'acier inoxydable pour blinder sa prochaine production de noyaux.

Vous dites à la page suivante:

Par ailleurs dans le cas d'un réacteur qui utilise de l'uranium naturel, il serait tout à fait désastreux d'utiliser comme blindage de l'acier inoxydable plutôt que du zircaloy. Le réacteur ne fonctionnerait pas du tout.

Auriez-vous l'obligeance de m'éclairer à ce sujet?

M. BOYD: Vous parlez de la société General Electric dont on fait mention à l'alinéa 37 à la page A-11? Il s'agit de la société américaine, qui utilise un blindage d'acier inoxydable pour ses éléments de combustible à la centrale d'énergie nucléaire de Dresden.

M. PITMAN: Il s'agit d'uranium enrichi?

M. BOYD: C'est exact.

M. PITMAN: Voilà qui est clair.

M. BOYD: Il serait tout à fait impossible d'utiliser un alliage d'acier inoxydable à l'égard des éléments de combustible des réacteurs NPD et CANDU, étant donné que ces réacteurs ne pourraient pas réagir suffisamment pour fonctionner.

M. BEST: M. Boyd désirerait-il faire certaines observations sur les questions qui ont été posées jusqu'ici ou sur les réponses qui ont été données.

M. BOYD: Oui.

M. BEST: Serait-ce réglementaire?

Le PRÉSIDENT: Oui. Vous avez la parole, monsieur Boyd.

M. BOYD: D'après certaines déclarations qui ont été faites, je crois comprendre qu'il importerait peu aux préposés de la centrale de Chalk River que le facteur de la sécurité à l'égard des tubes pressurisés du réacteur CANDU soit de quatre ou de trois. Pourquoi ne serait-il pas de quatre afin de se conformer au code classique des chaudières et des appareils sous pression établi par l'ASME?

M. BEST: Si je puis vous interrompre, je crois que M. Lewis a déclaré que si le facteur de sécurité semblait raisonnable, les facteurs économiques pourraient le justifier.

M. LEWIS: J'ai dit que la question de la diminution de la puissance pourrait se poser et que le facteur de sécurité était important. Si on satisfait à ces exigences, je pense qu'on obéirait au code.

M. LAURENCE: D'après le comité qui a rédigé le document sur lequel M. Boyd vient d'appeler votre attention.

M. DRYSDALE: Je me demande s'il serait possible d'obtenir la recommandation où il existe une différence à l'égard de la réduction de ce facteur ou qui a été approuvé par un organisme ou par lettre. Il semble que l'absence de renseignements nous laisse dans l'incertitude.

M. GRAY: Vous désirez avoir le document officiel? La demande pour l'approbation des tensions utilisant un facteur de sécurité de trois plutôt que de quatre doit avoir été faite par notre division de la centrale d'énergie nucléaire plutôt que par la Canadian General Electric. Tout d'abord, le sujet a été étudié par le comité de sécurité des réacteurs, puis il a été renvoyé au ministère du Travail de la province d'Ontario, et il a fait l'objet de plusieurs entretiens et nous étions d'avis que nous pouvions affirmer que cette tension était sans danger. Je n'ai pas pris connaissance du document qui a approuvé cette mesure, mais il serait facile de vous le procurer.

M. DRYSDALE: J'ai demandé s'il y avait eu une demande et une approbation et je pense qu'il serait utile que ces documents soient déposés à titre d'appendices, si possible.

Le PRÉSIDENT: Pourriez-vous les déposer, monsieur Gray?

M. GRAY: Certainement.

Le PRÉSIDENT: M. Boyd n'a pas terminé ses observations.

M. BEST: Je m'excuse. Il avait à peine commencé.

M. BOYD: J'ai voulu démontrer à l'alinéa 63 que dans le cas du réacteur comportant des tubes pressurisés il existe un conflit direct entre la sécurité et la rentabilité, qui n'existe pas en ce qui concerne tout autre type de réacteur. Un réacteur du type chaudière pour pression est entouré complètement par la chaudière située à l'extérieur du réacteur, et il n'existe aucune restriction quant à l'épaisseur de la chaudière sous pression; mais si on fait passer les tubes pressurisés par le centre du réacteur, il existe une restriction nucléaire et il faut comparer la rentabilité, comme l'a signalé M. Lewis, au facteur de sécurité.

M. GRAY: Nous sommes d'accord. Cela est tout à fait vrai.

M. DRYSDALE: Si on considère l'aspect négatif, jusqu'où pourrait-on réduire le facteur de sécurité sans arrêter le fonctionnement? Pourrait-il être réduit à un ou deux?

M. GRAY: Je pense qu'on ne pourrait pas aller aussi loin.

M. DRYSDALE: A deux?

M. GRAY: Je ne pense pas que les autorités soient d'accord.

M. DRYSDALE: S'il s'agissait non pas de la sécurité mais de la rentabilité, je suppose que deux seraient suffisants?

M. BEST: Je suppose que un serait préférable.

M. DRYSDALE: J'en examine seulement l'aspect négatif. J'aimerais que M. Gray me donne certaines explications sur une question. L'*Atomic Energy of Canada Limited* a-t-elle fait certains relevés pour savoir quel serait le meilleur type de réacteur du point de vue du génie, ou est-ce par hasard que vous avez choisi d'aménager un réacteur modéré à l'eau lourde?

M. GRAY: Je laisse la parole à M. Lewis.

M. LEWIS: Au début nous devions travailler en secret et c'est alors que nous avons étudié les autres types de réacteurs.

M. DRYSDALE: En quelle année?

M. LEWIS: En 1949 nous avons étudié les différents types de réacteur pour en arriver à la conception préliminaire du réacteur NRU. Puis en 1956, c'est-à-dire après la conférence de Genève de 1955 lors de laquelle un grand nombre d'idées avaient été exposées au monde de façon très détaillée, j'ai présenté une communication à la Société européenne d'énergie nucléaire, étudiant la rentabilité éventuelle de plusieurs types de réacteurs de puissance.

M. PITMAN: Monsieur Lewis, parmi ces réacteurs, avez-vous compris les réacteurs utilisant de l'uranium et refroidis à l'hélium et modérés au graphite?

M. LEWIS: Certainement et M. Boyd affirme avec raison que M. Harold Smith s'est excusé des lacunes de son travail en disant que la Division de l'énergie nucléaire du centre de Chalk River avait étudié seulement les réacteurs modérés à l'eau lourde, mais cela n'est pas le cas de la division de l'énergie atomique du Conseil national de recherches ni de l'*Atomic Energy of Canada* depuis ses débuts. Nous avons fait plusieurs études préliminaires et avons discuté de façon approfondie avec les préposés d'autres systèmes. En réalité, je pense que je puis prétendre être un de ceux qui me suis opposé aux défenseurs d'autres systèmes. Par conséquent, je pense que nous avons évalué ce système et nous possédons beaucoup d'autres renseignements sur d'autres systèmes.

M. PITMAN: Monsieur Lewis, pourriez-vous nous dire pourquoi vous avez choisi d'aménager le réacteur à l'eau lourde et pourquoi d'autres pays ont choisi d'aménager les réacteurs utilisant de l'uranium enrichi ou de l'hélium modéré par le graphite. Je pense que le Comité aimerait savoir pourquoi vous avez pris cette décision.

M. LEWIS: J'essaierai de l'expliquer brièvement, monsieur le président, bien que ce soit difficile. A l'époque, l'Ontario en particulier voyait ces nouvelles ressources hydrauliques s'épuiser, et par ailleurs elle pouvait obtenir du charbon des États-Unis à un prix très bas. Aucun des autres facteurs proposés dans aucun autre pays pouvait soutenir cette concurrence. Nous avons invité le Royaume-Uni à vendre à l'Hydro-Ontario les dessins d'un des réacteurs, pour voir si elle pouvait soutenir la concurrence avec le charbon, et on a répondu par la négative, on a fait de même en ce qui concerne les États-Unis avec leur réacteur enrichi et la réponse a été la même. J'étudiais ce problème dès 1951 et j'ai constaté qu'il pouvait peut-être être réglé par le réacteur à l'eau lourde. A cette époque nous n'avions pas suffisamment de renseignements pour nous en prouver le bien-fondé. Depuis lors, nous n'avons éprouvé aucune difficulté et il semble que nous pouvons soutenir cette concurrence présente dans notre pays en utilisant le réacteur à l'eau lourde. Nous attendons encore qu'on aménage des réacteurs dont les systèmes éprouvés et la technologie connue permettront de lui faire concurrence.

M. PITMAN: Vous prétendez avoir déjà dressé des plans d'un réacteur de ce genre? Croyez-vous que vous pourriez le vendre en Ontario et soutenir cette concurrence?

M. BOYD: Vous ne blaguez pas en me demandant si je pourrais le vendre à l'Ontario?

M. PITMAN: Permettez-moi de vous poser la question d'une autre façon. Vous avez entendu M. Lewis déclarer que le réacteur à l'eau lourde est le seul réacteur qui peut soutenir la concurrence du charbon au bas prix auquel on peut se le procurer en Ontario. Vous croyez qu'il est possible que le réacteur dont vous avez dressé les plans et dont vous nous avez parlé antérieurement aujourd'hui pourrait être utilisé en Ontario?

M. BOYD: Vous faites allusion au tableau 2.

M. PITMAN: Je pensais que votre mémoire avait trait à l'ensemble du Canada.

M. BOYD: Les frais d'énergie énumérés au tableau 2 ne visent pas une région géographique particulière du Canada. On y compare deux types de réacteurs au réacteur de Douglas Point.

M. DRYSDALE: Je crois que la question de M. Pitman était fondée sur la déclaration voulant que le réacteur CANDU pourrait soutenir la concurrence du prix du charbon. Tout d'abord, êtes-vous d'accord avec cette déclaration?

M. BOYD: Non, et il ne soutient pas le prix de l'énergie produite par une centrale utilisant du charbon comme combustible.

M. GRAY: Personne n'a soutenu que le premier réacteur soutiendrait ce prix. Le deuxième y viendrait bien près. M. Harold Smith a déclaré que le troisième réacteur pourrait soutenir la concurrence du charbon dans le sud de l'Ontario.

M. DRYSDALE: Ce qui me tracasse au sujet du réacteur CANDU, d'après le peu de renseignements que je possède sur les termes du contrat, c'est qu'il ne semble pas que l'Hydro-Ontario soit disposée à miser sur sa réussite en affectant certaines sommes à l'aménagement du générateur. Elle l'a fait dans le cas du réacteur NPD. Il me semble que tout le contrat est très vague et que l'Ontario est dans la même situation qu'un homme qui est forcé de se marier contre son gré et dont la dot est faite de subventions. Je vais peut-être un peu trop loin.

M. BEST: Y a-t-il un contrat en réalité?

M. CROUSE: Quelle en est la raison? Nous avons au Canada du charbon produit au Cap-Breton. Ne nous leurrions point. Un grand nombre de personnes sont en quête d'emplois, il existe des installations de production du combustible et même alors on oblige les Canadiens à adopter une autre ligne de conduite. Je me demande s'il est nécessaire de mettre au point dès maintenant tous ces réacteurs aux frais des contribuables parce qu'on peut remplacer le charbon par un autre combustible.

Le PRÉSIDENT: Monsieur Boyd, vous alliez citer l'article de M. Harold Smith, ou la déclaration qu'il a faite?

M. DRYSDALE: M. Gray pourrait-il nous faire ses observations à ce sujet?

Le PRÉSIDENT: Oui. Monsieur Lewis, j'aimerais que vous m'éclairiez sur un point.

M. DRYSDALE: M. Gray allait répondre à une question que je lui ai posée au sujet des frais du réacteur CANDU.

Le PRÉSIDENT: Excusez-moi.

M. GRAY: La question a été posée il y a quelque temps. Il vous semblait que le contrat était très vague, ce qui n'est pas le cas, car il est très précis. Lors de la dernière séance, nous avons étudié la question de la disponibilité du contrat. Je ne pense pas que l'Hydro-Ontario conviendrait avec vous qu'elle ne fait aucun apport à l'aménagement du réacteur CANDU. Elle y consacre beaucoup d'argent, de main-d'œuvre et d'installations.

M. DRYSDALE: Quel montant?

M. GRAY: Je crois que nous devrions poser cette question à l'Hydro-Ontario. Elle y affecte probablement de un à deux millions de dollars.

M. DRYSDALE: En ce qui concerne le réacteur fondamental,—et il me semble qu'on met la charrue devant les bœufs—en ce qui concerne le réacteur de puissance expérimentale, l'Hydro-Ontario y affecte près de 8 millions. Si vous faites porter tous vos efforts sur l'aménagement du réacteur de 200 mégawatts, l'Hydro-Ontario ne contribue aucunement à l'installation du matériel générateur, qui, si j'ai bien compris, serait le matériel ordinaire. Pour quelle raison? Je n'en vois pas les répercussions directes ni les effets sur les recherches que vous poursuivez dans le domaine nucléaire. Je comprends ce qui touche au réacteur, mais non ce qui touche au matériel de génération de l'électricité, qui à mon sens n'est pas exceptionnel.

M. GRAY: Comme vous le savez sans doute, l'Hydro-Ontario s'est engagée à acheter ce réacteur quand il fonctionnera sans difficulté.

M. DRYSDALE: Qu'est-ce que cela veut dire? Voilà certaines des difficultés que j'ai éprouvées et qui m'ont fait conclure que les termes du contrat étaient vagues.

M. GRAY: A mon sens, il n'est aucunement vague.

M. DRYSDALE: Je sais que vous soutenez toujours cette opinion.

M. GRAY: L'Hydro-Ontario a convenu d'acheter le réacteur et toute la centrale.

M. DRYSDALE: Pour quel montant?

M. GRAY: En fonction d'un montant qui lui permettra de produire de l'énergie au moyen de ce réacteur à un prix pouvant soutenir la concurrence avec l'énergie produite par une centrale utilisant le charbon comme combustible et dont les frais de premier établissement et les autres frais ne seront pas plus élevés. Il faut tenir compte des frais d'exploitation et des frais de combustible. Si nous nous fondons sur nos prévisions, les frais de premier établissement sont de l'ordre de 60 millions.

M. DRYSDALE: Si les frais de combustible sont supérieurs aux frais de l'utilisation du charbon qui sont très bas, si je comprends bien, l'Hydro-Ontario n'est plus tenue à acquérir le réacteur ni à l'acheter.

M. GRAY: Vous dites si les frais de combustible sont supérieurs aux frais de l'utilisation du charbon?

M. DRYSDALE: Dans ce cas, l'Hydro-Ontario est-elle obligée d'acheter le réacteur?

M. GRAY: Oui, elle est obligée d'acheter la centrale, à moins qu'elle ne fonctionne pas.

M. DRYSDALE: A moins qu'elle ne fonctionne pas du tout?

M. GRAY: C'est exact, à moins qu'elle ne puisse l'exploiter dans son réseau.

M. DRYSDALE: L'Hydro-Ontario est obligée d'acheter la centrale, peu importe son efficacité éventuelle?

M. GRAY: C'est exact.

M. DRYSDALE: N'y a-t-il pas également une disposition voulant que si l'Hydro-Ontario achète la centrale elle ne serait tenue qu'à payer un montant équivalant aux frais du combustible si elle utilisait le charbon?

M. GRAY: C'est exact.

M. DRYSDALE: Voulez-vous dire que les frais supplémentaires devraient être comblés par une subvention?

M. GRAY: La subvention comble les frais réels de la recherche.

M. DRYSDALE: Voulez-vous dire à perpétuité, pour diminuer les frais d'ensemble?

M. GRAY: C'est exact. Nos dépenses dépassant les montants payés par l'Hydro sont une forme de subvention, dans l'intérêt du Canada.

M. MCILRAITH: Quand vous dites à perpétuité, vous parlez de la durée de la centrale, et non à perpétuité.

M. DRYSDALE: Quelle durée attribuez-vous à la centrale?

M. GRAY: Dans nos calculs nous attribuons une durée de quinze ans à la partie nucléaire de la centrale et une durée de trente ans à la partie classique. C'est la ligne de conduite suivie par l'Hydro-Ontario, qui fixe la période d'amortissement d'une centrale classique à trente années. Cependant, nous la fixons à quinze années pour une centrale nucléaire parce que personne n'en connaît la durée. Il s'agit d'une centrale qui peut être démontée et remplacée. L'Hydro-Ontario compte la remplacer une fois au cours de la durée de toute la centrale.

M. DRYSDALE: Si vous ne pouviez pas atteindre le prix inférieur que supposerait l'utilisation du charbon, est-il précisé dans le contrat qu'il s'agit d'un certain nombre d'années, par exemple quinze ans, ou de la durée de la centrale, ou toute autre éventualité?

M. GRAY: Par exemple, le contrat précise la méthode de calcul du prix unitaire de l'énergie: il faut se fonder sur la durée de la centrale, qui est de quinze années, comme je l'ai déclaré. Nous ignorons quel serait le taux d'intérêt. Ce serait le taux réel d'intérêt payé sur l'argent au cours de la période de construction. C'est le taux de l'intérêt de la construction. Le taux d'intérêt qu'on utiliserait pour calculer le coût de l'énergie serait celui qui serait en vigueur à cette époque sur le réseau de l'Hydro-Ontario. Cela s'applique à toute la durée de la centrale. Il n'y aura aucun secret à ce sujet. Il s'agit de renseignements qui sont notoires, de sorte qu'il n'y a aucun secret à ce sujet.

M. DRYSDALE: Je voudrais clarifier un autre point. D'après le compte rendu sténographique, on aurait dépensé 14 millions, bien que le contrat n'ait pas été approuvé officiellement par les deux parties.

M. GRAY: Il s'agit de 4 millions.

M. DRYSDALE: L'affirmation est donc erronée, je pensais qu'il s'agissait de 4 millions. On a donc dépensé 4 millions à l'égard du réacteur CANDU, bien que les contrats n'aient pas été approuvés officiellement.

M. GRAY: Ils n'ont pas été approuvés officiellement, mais il y a eu un échange de correspondance approuvant l'intention visée.

M. DRYSDALE: Pourrait-on aller aux renseignements et voir si le Comité pourrait prendre connaissance de ces projets d'entente?

M. GRAY: Ils n'ont été approuvés ni par le cabinet provincial ni par le cabinet fédéral. Je ne crois pas qu'on pourrait les déposer.

Le PRÉSIDENT: Pas dans les circonstances.

M. DRYSDALE: Il reste qu'on a dépensé 4 millions et que nous dépenserons probablement 80 millions ou même 100 millions. Il semble que le Canada se soit engagé à aménager des réacteurs modérés et refroidis à l'eau lourde.

Personnellement, étant originaire d'une province qui possède encore de l'énergie hydraulique en abondance, bien que à mon sens ce soit vraiment merveilleux de produire de l'électricité en se servant d'énergie nucléaire, je désire être bien convaincu que nous allons dans la bonne direction et que nous ne faisons pas que verser une subvention de 100 millions au gouvernement de l'Ontario en envisageant certains risques.

Le PRÉSIDENT: Je suis d'accord.

M. GRAY: Nous ne sommes pas arrivés au montant de 100 millions.

M. DRYSDALE: Je pense que les placements dans l'ensemble s'établiraient à ce montant. On a affecté plus de 200 millions à la recherche nucléaire. Comme M. Crouse l'a signalé, sa province qui possède un excédent de charbon, pour ne pas dire plus, n'est pas trop intéressée aux réactions chimiques très intéressantes qui découlent de l'utilisation de l'uranium pour fournir de l'énergie. L'électricité qui en provient n'est pas différente, qu'elle soit produite par une usine thermique ou par un réacteur nucléaire.

Mon attitude est peut-être trop ferme, mais je m'intéresse beaucoup à la question, étant donné que je représente la province de la Colombie-Britannique qui se fonde tellement sur l'utilisation de l'énergie hydraulique. Si nous pouvions obtenir ce qui est en réalité une subvention de 100 millions pour faire fonctionner les générateurs par l'énergie hydraulique, je suis certain que la province y serait intéressée. Mon argumentation est peut-être quelque peu ridicule mais j'aimerais savoir si nous nous engageons à exécuter des travaux d'aménagement de 80 millions ou de 100 millions. Je crois que M. Lewis a laissé entendre qu'au cours de 1951 le Canada a décidé d'aménager des réacteurs à l'eau lourde.

M. LEWIS: Nous avons pris de telles décisions qui n'étaient pas irréversibles.

Le PRÉSIDENT: Nous avançons à tâtons si cette entente ne peut pas être déposée. Je pense qu'elle devrait être déposée, et il nous faudra aller aux renseignements. Monsieur Gray, auriez-vous l'obligeance de voir quels renseignements pourraient être données au Comité?

M. McILRAITH: Je crois savoir que l'entente n'est pas signée.

Le PRÉSIDENT: Cela est également malheureux.

M. BEST: Quand les travaux d'aménagement ont-ils commencé à la centrale de Douglas Point?

M. GRAY: Le bétonnage a commencé au printemps.

M. BEST: Quel montant estimatif d'argent aura été dépensé à la fin de cette année si on a déjà dépensé 4 millions?

M. GRAY: Un autre montant de 4 millions.

M. BEST: Quand le réacteur NPD sera-t-il en mesure de fonctionner?

M. GRAY: Comme M. Boyd l'a signalé, il faut faire une distinction dans notre vocabulaire. Nous nous attendons que le réacteur soit au point critique cette année et qu'il puisse fonctionner l'an prochain.

M. BEST: Pour un membre du Comité qui est profane en la matière, il semble étonnant que ces deux centrales chevauchent l'une sur l'autre. Un montant assez considérable a été dépensé à l'égard de la centrale de Douglas Point sans qu'aucune entente ait été signée et le réacteur NPD pourra fonctionner ou sera au point critique dans quelques mois. Ce point est peut-être justifié, mais il est étonnant que la centrale de Rolphon, dont la capacité est environ 1/10 de celle de Douglas Point, doit être au point critique dans quelques mois et qu'on a déjà dépensé un montant important d'argent. D'après vous, la conception de la centrale de Douglas Point sera-t-elle assez flexible pour qu'on puisse y apporter les modifications qui pourraient être nécessaires quand le réacteur NPD commencera à fonctionner?

M. GRAY: Nous ne pensons pas qu'il soit nécessaire de faire des modifications importantes.

M. BEST: Dans le cas de l'affirmative, ne serez-vous pas dans une situation embarrassante, ayant déjà commencé les travaux?

M. GRAY: C'est uniquement une question de jugement. Comme je l'ai déclaré auparavant, quand on a commencé l'aménagement du réacteur NPD les employés de Chalk River chargés de la conception du réacteur ont continué à travailler à la conception d'une centrale, la centrale CANDU. Les résultats ont été tellement satisfaisants que le personnel a proposé ce plan à nos directeurs qui l'ont étudié de façon très approfondie avec l'Hydro-Ontario et toutes les personnes qui y étaient intéressées. Le conseil d'administration en a été tellement emballé qu'il a proposé l'adoption de ce plan au gouvernement en formulant une recommandation concernant les dispositions nécessaires d'intention dans l'entente passée avec l'Hydro-Ontario. Le gouvernement l'a approuvé à titre de projet. On l'a approuvé après y avoir mûrement réfléchi et en sachant bien qu'on dépenserait peut être 10 ou 15 millions à l'égard du réacteur CANDU avant que le réacteur NPD ne commence à fonctionner. Cependant, si nous avons en vue de progresser dans le domaine de l'énergie nucléaire il faut prendre ce genre d'engagement en consultant les meilleures compétences.

M. BEST: Pourriez-vous apporter des modifications au réacteur si elles étaient nécessitées par les résultats atteints à l'égard du réacteur NPD?

M. GRAY: Oui. Par exemple, si on ne pouvait pas atteindre le degré de consommation dont nous parlions, nous pourrions modifier le programme à l'égard du combustible. Il serait très difficile de changer les dimensions des orifices. Nous devons nous en tenir aux dimensions actuelles de même qu'au nombre d'orifices.

M. BEST: Si aucune modification n'était apportée au réacteur CANDU, le réacteur NPD servirait à quelle fin?

M. GRAY: Cela voudrait dire que nous aurions pu probablement aménager le CANDU sans aménager le NPD; mais il a fallu aménager le NPD aussi rapidement pour nous persuader que nous pouvions aménager cette centrale importante.

M. BEST: Les travaux à l'égard du NPD ont-ils été surtout de nature expérimentale? Ils ne visaient certainement pas le fonctionnement du réacteur, n'est-ce pas?

M. GRAY: Nous avons fait beaucoup de travaux expérimentaux dans nos laboratoires et dans ceux de la Canadian General Electric Company, qui est le

principal entrepreneur à l'égard de ce projet. Elle poursuit des travaux de laboratoire et de mise au point du combustible dans ses vastes laboratoires. La plupart de ses travaux sont en fonctions du réacteur CANDU.

M. BEST: Pourrait-on parachever l'aménagement du réacteur CANDU sans terminer celui du NPD?

M. GRAY: Maintenant? Je pense que oui.

M. BEST: Le réacteur NPD peut servir à autre chose?

M. GRAY: A beaucoup d'autres fins, surtout pour éprouver le combustible.

M. BEST: On peut y faire l'épreuve de divers tubes, combustibles, dont parfois certaines centrales plus importantes peuvent bénéficier, n'est-ce pas?

M. GRAY: Oui.

Le PRÉSIDENT: Monsieur Lewis, je vais enfin pouvoir vous poser ma question. Je pense que le Comité aimerait savoir pourquoi d'autres pays étrangers n'utilisent pas le même type de réacteur que nous utilisons au Canada. Est-ce que je fais erreur en supposant cela?

M. LEWIS: Je pense que la situation qui existe au Royaume-Uni est la plus facile à expliquer. En réalité, M. Boyd a donné les explications nécessaires. On y a constaté qu'il fallait une plus grande quantité d'énergie pour remédier à la pénurie de ressources. On connaissait la façon d'aménager des réacteurs au graphite refroidis au gaz et on entreprit tout d'abord la construction de huit réacteurs militaires; il y en a quatre à Calder Hall et quatre autres à Chapelcross en Écosse. On les a construits pour prouver que l'aménagement de ce type de réacteurs était possible et pour que l'industrie puisse soutenir une concurrence dans la construction de centrales d'énergie en Angleterre et en Écosse. On a reconnu que l'aménagement d'un type de réacteurs comporte des dépenses très considérables et surtout beaucoup de travail de la part de l'industrie. Je pense qu'il est avéré qu'on ne s'est jamais lancé avec tant d'ardeur dans l'aménagement d'un autre type de réacteur. Cependant, nous avons travaillé en étroite collaboration avec eux et nous savons que bien qu'ils ne possèdent aucun programme d'aménagement de réacteurs à eau lourde, leurs propres ingénieurs sont d'avis qu'un réacteur produisant de la vapeur et modéré à l'eau lourde sur lequel nous travaillons de concert avec eux, est un réacteur intermédiaire qui pourrait peut-être mieux répondre à leurs besoins. Je pense que leur situation est très impondérable.

Je suis incapable de comprendre la ligne de conduite suivie aux États-Unis. Je pense que l'aménagement de leur gros réacteur et la réalisation de leur programme militaire ont retardé leurs travaux. Ils connaissent évidemment de grands succès en ce qui concerne les réacteurs des sous-marins. Les intérêts publics et privés dans le domaine de l'énergie se font la lutte. En réalité, le gouvernement n'a aucun programme à cet égard et chacun y va de son cru aux États-Unis. Les programmes qu'ils possèdent sont fondés sur l'acceptation des premières propositions qui ont été faites. La première centrale d'énergie nucléaire commerciale a peut-être été celle de Dresden. Le réacteur Enrico Fermi est un autre réacteur qui est aménagé par les services d'utilité publics et il est très différent, comme vous pouvez le croire. Les États-Unis ont déclaré qu'ils battent la marche dans le domaine de réacteurs utilisant de l'uranium enrichi parce qu'ils travaillent depuis longtemps sur les réacteurs de sous-marin. Ils ont peut-être poussé les gens à travailler dans ce domaine parce qu'ils peuvent bénéficier de la technologie acquise.

M. DRYSDALE: Avez-vous étudié les projets à long terme au Canada pour l'établissement d'une centrale d'eau lourde et celle d'une centrale de diffusion utilisant de l'uranium enrichi?

M. LEWIS: Évidemment. M. Boyd a attiré notre attention sur un article écrit par M. Carl Cohen dans la livraison de janvier 1958 de la revue *Nucleonics*.

J'ai écrit à M. Cohen dès que j'eus parcouru son article. Nous avons correspondu à ce sujet et je pense avoir gagné le débat.

M. DRYSDALE: Sur quel sujet portait le débat et comment l'avez-vous gagné?

M. LEWIS: A mon avis, M. Boyd ne vous a dit que des faussetés mais il faut faire plusieurs calculs pour l'expliquer. Il faut étudier le taux envisagé d'augmentation de la demande en énergie et le taux d'augmentation de l'approvisionnement des réacteurs à eau lourde. M. Carl Cohen a raison quand il parle d'un coût de \$56 le kilowatt, mais ce coût concerne un service qui augmente au taux de 25 ou de 35 p. 100 par année. Par ailleurs, on sait que dans aucun pays la demande d'énergie augmente au taux de 25 ou de 35 p. 100 par année. Ce taux est valable durant une courte période au début de l'installation de l'énergie, mais le taux moyen à long terme va de 5 à 7 p. 100 par année.

En fonction d'une augmentation de 5 à 7 p. 100 par année, le coût est d'environ \$19 le kilowatt et de toute façon, ce n'est pas un nouvel article de dépense. Nous en avons déjà tenu compte dans le paiement de l'eau lourde. Le prix de l'eau lourde est de \$35 le kilowatt et la moitié de ce coût représente l'amortissement de la centrale d'eau lourde. En d'autres termes, nous versons déjà 27½ dollars le kilowatt sur le montant de \$56 le kilowatt dont parle M. Carl Cohen, et ce montant de \$56 ne se vérifie que durant la période extraordinaire où l'expansion se produit au taux de 25 p. 100 par année. Quand on revient au taux normal de 7 p. 100 par année, la comparaison faite par M. Carl Cohen entre le coût de l'eau lourde et le coût de l'uranium enrichi ne tient plus debout.

M. DRYSDALE: Je vous remercie de vos renseignements, mais j'aimerais revenir à la question précise que je vous posais. Je voulais savoir si vous croyez que la meilleure chose à faire serait d'obtenir notre eau lourde des États-Unis à \$27 la livre ou au prix marchand, ou s'il serait pratique et rentable d'aménager une usine d'eau lourde au Canada et ainsi, à mon sens, diversifier et établir une usine d'uranium enrichi, par exemple, dans la belle province de la Colombie-Britannique où l'énergie hydraulique est bon marché et en ayant de l'uranium enrichi nous pourrions également diversifier notre produit sur le marché mondial et par exemple entrer dans le domaine de la propulsion nucléaire.

M. LEWIS: En guise d'explication, je dois dire que j'ai étudié cette question et que j'ai fait certaines prévisions. J'en ai saisi la Conférence de Genève en 1955 et 1958. Nous aménagerions certainement des usines d'eau lourde au Canada si nous avions un nombre suffisant de réacteurs qui utiliseraient régulièrement la production d'une usine s'élevant entre 50 et 100 tonnes d'eau lourde par année. Il faudra attendre que nous ayons atteint cette production. Nous pourrions alors aménager une usine dont la production serait suffisante pour un seul réacteur CANDU à tous les dix-huit mois.

M. DRYSDALE: Si la production est de 50 à 100 tonnes par année, combien de réacteurs CANDU faudrait-il pour utiliser la production d'une telle usine à pleine capacité?

M. LEWIS: Le réacteur CANDU contient environ 385 tonnes d'eau lourde, ce qui équivaldrait à peu près à la production d'une année et demie ou de deux années.

M. DRYSDALE: Et le programme visant l'aménagement d'usines d'uranium enrichi serait un programme à long terme?

M. LEWIS: En ce qui concerne l'eau lourde, la société DuPont qui exploite l'usine d'eau lourde aux États-Unis a déclaré cette année dans une communication que si elle construisait maintenant une autre usine en bénéficiant de l'expérience qu'elle a acquise dans la construction de la première, elle pourrait vendre l'eau lourde à un prix de \$17 ou de \$18 la livre au lieu du prix

actuel de \$28. Voilà une constatation très importante qui nous permettrait peut-être d'aménager une usine d'eau lourde sans tarder davantage.

M. DRYSDALE: Pouvez-vous donner de plus amples explications sur la diversification et le programme à long terme relativement à la production d'uranium enrichi?

M. LEWIS: Monsieur le président, M. Boyd a parlé dans son mémoire des installations d'enrichissement et il a prétendu que mes renseignements n'étaient pas tout à fait précis ou que je n'ai pas pris soin de faire des déclarations très précises. Je pense que j'ai été très précis. Il prétend que les réacteurs NPD et CANDU utilisent de l'uranium enrichi, ce qui est faux.

M. DRYSDALE: Est-ce qu'ils utilisent de l'uranium enrichi?

M. LEWIS: Ils en utilisent un peu d'après notre conception actuelle parce que c'est ce qui revient le moins cher. Nous avons également prouvé que nous pouvons fabriquer de tels éléments de combustible avec du plutonium. Nous avons adopté cette technique mais nos éléments de combustible formés de plutonium coûtent plus cher que les éléments de combustible formés de U<sub>235</sub>. J'emploie l'expression «éléments de combustible» mais cette expression est mal appropriée parce que le combustible est censé contribuer à la puissance du réacteur. L'uranium enrichi qu'utilisent les réacteurs NPD ou CANDU ne contribue aucunement à la puissance du réacteur.

M. DRYSDALE: A quoi sert-il?

M. LEWIS: Je l'ai expliqué dans mon article, ce que M. Boyd ne vous a pas dit. On peut y lire...

M. DRYSDALE: Pouvez-vous nous indiquer votre source?

M. LEWIS: Je cite un passage de la revue *Nucleonics* d'octobre 1960, page 58:

Après tout bref arrêt, le niveau du poison zénon s'élève au-dessus du niveau normal. Afin de le contrebalancer quand on met le réacteur en marche, on se sert de tiges de renfort. Il s'agit de tiges qui contiennent de l'uranium enrichi refroidies par de l'eau lourde froide...  
...de sorte que la chaleur ne contribue pas à la puissance du réacteur...

...et, comme mesure de sécurité, qui ne fonctionnent que lentement. Ce moyen est beaucoup moins coûteux que tout autre moyen permettant de fournir l'excédent temporaire requis de réactivité.

C'est une opération peu importante qui n'exige aucun combustible, ne comporte aucun brûlage ni aucune dépense. Les tiges sont censées durer aussi longtemps que le réacteur. Nous pourrions aussi bien utiliser du plutonium au lieu d'uranium enrichi.

M. DRYSDALE: Pourriez-vous répondre de nouveau à la question que j'ai posée sur l'utilisation à long terme d'uranium enrichi et le désir d'avoir au Canada une exploitation diversifiée? Je vous sais gré de votre explication, mais je ne sais que faire de toutes ces explications scientifiques.

M. LEWIS: Je vous remercie. Je ne vois pas qu'on ait besoin au Canada d'une usine d'enrichissement, mais je ne voudrais pas faire de prédiction pour le siècle actuel. Il se peut que nous fassions d'autres découvertes et que le besoin d'une usine d'enrichissement se fasse éventuellement sentir, mais le moment n'en est pas encore venu.

Le PRÉSIDENT: Il est un peu passé dix heures quinze du soir. Les deux prochaines séances auront lieu jeudi à 2 heures et demie de l'après-midi et à 8 heures du soir. Êtes-vous d'accord?

Assentiment.

Le PRÉSIDENT: Je demanderais aux membres du sous-comité de se réunir dans mon bureau. Les mêmes témoins comparaitront lors de la prochaine séance. Le comité directeur se réunira demain à midi.

CHAMBRE DES COMMUNES

Quatrième session de la vingt-quatrième législature

1960-1961

---



COMITÉ SPÉCIAL

DES

**RECHERCHES**

*Président:* M. J.W. MURPHY

---

PROCÈS-VERBAUX ET TÉMOIGNAGES

Fascicule 21

---

ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED

---

SÉANCE DU JEUDI 18 MAI 1961

---

TÉMOINS:

M. Winnett Boyd, président de l'*Arthur D. Little of Canada Limited*; de l'*Atomic Energy of Canada Limited*, M. J.L. Gray, président, M. W.B. Lewis, vice-président, Recherches et perfectionnement, et M. G.C. Laurence, directeur des recherches, Division des recherches et du perfectionnement pour les réacteurs.

ROGER DUHAMEL, M.S.R.C.

IMPRIMEUR DE LA REINE ET CONTRÔLEUR DE LA PAPETERIE  
OTTAWA, 1961

COMITÉ SPÉCIAL DES RECHERCHES

Président: M. J.W. Murphy

Vice-président: M. C.A. Best

et MM.

Aiken

Batten

Bissonnette

Bourget

Brunsdén

Crouse

Drysdale

Dumas

Forgie

Godin

McIlraith

Nielsen

Nugent

Pitman

Slogan

Stearns

Stewart

Le secrétaire du Comité,  
J.E. O'Connor.

## PROCÈS-VERBAUX

JEUDI 18 mai 1961.

(25)

Le comité spécial des recherches se réunit à 2h.38 de l'après-midi, sous la présidence de M. J.W. Murphy.

*Présents:* MM. Aiken, Batten, Best, Bissonnette, Brunsdén, Crouse, Drysdale, Dumas, McIlraith, Murphy, Nugent, Slogan et Stearns.—13

*Aussi présents:* M. Winnett Boyd, président de la société *Arthur D. Little of Canada Limited*. De l'*Atomic Energy of Canada Limited*: M. J.L. Gray, président; M. D. Watson, secrétaire; M. W.B. Lewis, vice-président, Division des recherches et du perfectionnement; M. G.C. Laurence, directeur des recherches, Division des recherches et du perfectionnement pour les réacteurs.

M. Best propose, appuyé par M. Slogan.

«Que M. R.C. Golding, rédacteur de la publication *Modern Power and Engineering* et M. K.F. Tupper, de la société *Ewbank and Partners (Canada) Limited*, soient sommés et requis de comparaître devant le Comité.»

*Il est décidé:* Que la motion soit réservée jusqu'à la prochaine séance du Comité, soit à 8 heures ce soir.

Il est proposé que M. B.E. Knight, du ministère des Transports, soit appelé à comparaître devant le Comité au sujet de l'achat d'un terrain par l'*Atomic Energy of Canada Limited* pour le projet Whiteshell au Manitoba.

*Il est décidé:* Que la question de convoquer M. Knight soit déferée au sous-comité du programme et de la procédure.

M. Boyd est appelé de nouveau et formule des observations à propos de la déclaration que M. Gray a faite au Comité au cours de la séance du soir, le mardi 16 mai.

M. Gray passe assez longuement en revue le mémoire de M. Boyd, en soulignant les terrains d'entente et de litige.

Des documents relatifs à la diminution du facteur de sécurité dans les cuves sous pression sont présentés au comité.

Le mémoire présenté par l'AECL à la Division de l'inspection des chaudières, du ministère du Travail de l'Ontario, au sujet de la tension dans les canaux de refroidissement du NPD-2 et du CANDU, de même qu'une estimation de l'inspecteur en chef des chaudières, sont déposés au Comité.

M. Gray consigne au compte rendu un extrait du rapport DP-570 — Technologie des réacteurs — intitulé *Economic Potential for D2O Power Reactors* et publié par la Division des recherches et du perfectionnement de l'AECL.

Un article du numéro d'octobre 1960 de la publication *Nucleonics* intitulé *Nuclear Canada — Its importance to you* est aussi versé au compte rendu.

M. Gray, secondé par M. Lewis, est interrogé.

Des exemplaires d'un accord intervenu entre l'AECL, l'Hydro-Ontario et la *Canadian General Electric Company Limited*, au sujet de la construction de la centrale nucléaire de démonstration, ainsi que d'un accord conclu entre l'AECL et l'Hydro-Ontario à propos du fonctionnement du NPD, sont déposés.

A 5 heures de l'après-midi, la séance est suspendue jusqu'à 8 heures le même jour.

### SÉANCE DU SOIR

(26)

La séance est reprise à 8h.01 du soir sous la présidence de M. J.W. Murphy.

*Présents*: MM. Aiken, Best, Bissonnette, Brunsdén, Crouse, Danforth, Drysdale, Dumas, Godin, McIlraith, Murphy, Nugent, Slogan et Stearns.—14

*Aussi présent*: M. Anderson.

*Aussi présents*: Les mêmes que cet après-midi.

*Il est décidé*—Que M. B.E. Knight, du ministère des Transports, soit prié de comparaître devant le Comité vers la fin du mois.

Sur la motion de M. Best, appuyé par M. Slogan.

*Il est résolu*—«Que M. R.C. Golding, rédacteur de la publication *Modern Power and Engineering* et M. K.F. Tupper de la *Ewbank and Partners (Canada) Limited*, soient sommés et requis de comparaître devant le Comité.»

M. Lewis relève certains points dont il est question dans le mémoire de M. Boyd.

MM. Gray, Boyd, Lewis et Laurence sont de nouveau interrogés sur les incidents survenus à la pile; les facteurs de sécurité; l'élimination des déchets radio-actifs; et sur la comparabilité des frais de premier établissement et d'exploitation, des étapes de la conception et de la mise au point, et de l'efficacité des génératrices nucléaires utilisant l'eau lourde comme ralentisseur et refroidisseur et des génératrices nucléaires à haute température et à réfrigérant gazeux.

Des exemplaires d'un mémoire présenté le 17 mai 1961 par M. Gray à l'Association nucléaire du Canada sont distribués aux membres du Comité.

A 10h.05 du soir, le comité s'ajourne jusqu'au mardi 23 mai 1961, à 2 heures et demie de l'après-midi.

*Le secrétaire du Comité,*

J.E. O'Connor.

## TÉMOIGNAGES

JEUDI 18 mai 1961,  
2h.30 de l'après-midi.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, nous sommes en nombre.

Nous avons avec nous cet après-midi M. Boyd qui a présenté un mémoire au début de la semaine. Sont aussi présents MM. Gray, Lewis et Laurence. Ai-je oublié quelqu'un?

M. J.L. GRAY (*président de l'Atomic Energy of Canada Limited*): Il y a aussi M. Watson.

Le PRÉSIDENT: En effet, et il y en a d'autres qui sont ici à titre de conseillers. A-t-on des questions à poser?

M. STEARNS: Par quelle page du rapport de M. Boyd allons-nous commencer? L'autre soir, nous avons procédé un peu au hasard.

M. DRYSDALE: L'autre soir, M. Gray a demandé l'autorisation de faire un bref exposé de son mémoire, et j'ai dit alors qu'il pourrait peut-être en préparer une critique détaillée. Je me demande s'il serait maintenant en mesure de le faire. Cela pourrait nous être utile, si nous devons interroger ensuite MM. Laurence et Lewis.

M. BOYD: J'ai rédigé une brève déclaration touchant certaines questions soulevées et débattues mardi soir dernier, et si je les relève, c'est afin de présenter l'affaire d'une façon ordonnée. Si les membres du comité le veulent bien, j'aimerais leur en donner lecture.

M. DRYSDALE: M. Gray est-il prêt à formuler des observations?

M. GRAY: Je dirai volontiers ce que je pense de la déclaration de M. Boyd, mais il faudra que j'improvise. Comme j'ai été assez occupé hier à Toronto, je n'ai pas pu rédiger de déclaration. Je vais parcourir le mémoire de M. Boyd page par page et faire les commentaires que je jugerai nécessaires.

M. DRYSDALE: Je me demande s'il conviendrait de procéder ainsi. M. Gray voudrait peut-être entendre la déclaration de M. Boyd avant de formuler ses observations.

M. AIKEN: La déclaration que M. Boyd se propose de faire maintenant en fera-t-elle qu'amplifier sa déclaration écrite?

Le PRÉSIDENT: Il a dit qu'il relèverait certaines déclarations qui ont été faites mardi dernier.

M. BOYD: Je vais relever certaines des déclarations qu'ont faites MM. Gray, Lewis et Laurence.

M. BEST: Pour ce qui est de la procédure à suivre avec les autres témoins, comment devrions-nous procéder pour appeler MM. Golding et Tupper? Je propose qu'on le fasse maintenant.

Le PRÉSIDENT: Les membres du sous-comité qui s'est réuni hier ont décidé que M. Tupper et M. Roydon C. Golding seraient assignés comme témoins. Nous sommes tous d'avis qu'une telle façon de procéder sort de l'ordinaire. Nous tenions à soulever la question au Comité, afin de connaître votre opinion là-dessus.

M. STEARNS: Qu'on nous fasse connaître les titres d'abord. Qui est M. Golding et que représente-t-il?

Le PRÉSIDENT: M. Golding est rédacteur de la revue *Modern Power and Engineering* publiée par la *Maclean Hunter Publishing Company* à Toronto. M. K.F. Tupper est président de la *Ewbank and Partners (Canada) Limited*, Toronto.

M. AIKEN: Pourquoi avons-nous assigné M. Golding à comparaître? N'a-t-il pas accepté l'invitation à venir témoigner?

Le PRÉSIDENT: Il a dit qu'il préférerait ne pas comparaître.

M. NUGENT: Sur quel sujet portent les renseignements qu'il va fournir?

Le PRÉSIDENT: Je crois que M. Best pourra nous l'expliquer. Il serait l'auteur de certains articles.

M. NUGENT: En parcourant cette publication, j'ai constaté que M. Golding y avait publié un certain nombre d'articles de fond. Cet homme est ingénieur et rédacteur d'une revue qui traite de ces questions et qui est peut-être la seule revue du genre au Canada. A ce titre, il a exprimé des vues qui diffèrent passablement de celles de l'AECL. A mon avis, ce serait un témoin important à faire comparaître.

M. SLOGAN: Je suis aussi de cet avis. D'après moi, il s'est exprimé en termes très énergiques dans l'éditorial et il faudrait nous fournir l'occasion de tirer l'affaire au clair. Je tiens à appuyer la proposition.

Le PRÉSIDENT: Avez-vous présenté une motion?

M. BEST: Je propose maintenant que M. Golding et M. Tupper, directeur de la *Ewbank and Partners*, soient priés de comparaître devant le comité. M. Tupper étant une personne très en vue dans son domaine, je crois que nous devrions lui demander de venir témoigner.

Le PRÉSIDENT: Ils y ont été invités. Il s'agit maintenant de les citer à comparaître. Votre résolution doit être dans ce sens, sinon elle n'accomplira rien.

M. AIKEN: Si l'on me permet de dire quelque chose,—malheureusement j'ai dû m'absenter.

Le PRÉSIDENT: Commençons par énoncer une motion en bonne et due forme afin de pouvoir la débattre.

M. BEST: Je propose que notre Comité assigne M. R.C. Golding, rédacteur de la revue *Modern Power and Engineering*, et M. K.F. Tupper, de la *Ewbank and Partners (Canada) Ltd.*, à comparaître devant le comité. Sauf erreur, les membres du comité directeur ont aussi pris la décision unanime de les assigner à comparaître.

Le PRÉSIDENT: Appuyez-vous cette motion, monsieur Slogan?

M. SLOGAN: Oui.

Le PRÉSIDENT: Quelqu'un a-t-il quelque chose à dire?

M. AIKEN: Tout ce que je tiens à dire, c'est qu'il semble étrange que M. Golding ait fait des déclarations très énergiques et fort controversées, mais qu'il ne veuille pas venir ici de son plein gré. Voici où je veux en venir. Sera-t-il placé alors dans une catégorie spéciale et considéré comme témoin indépendant? De toute évidence, jusqu'à maintenant, il était en faveur, en quelque sorte, du programme de l'AECL, mais il ne l'approuve certes pas entièrement. J'ai peine à comprendre pourquoi une personne comme M. Golding ne veuille pas se présenter de plein gré. Il n'est certes pas dépourvu de moyens et il a fait bonne figure à la réunion de l'association nucléaire mardi et mercredi. Je voudrais bien savoir pourquoi il ne veut pas venir de son plein gré.

M. SLOGAN: J'ai ici une lettre de M. Golding en date du 16 février 1960. D'après cette lettre, il préférerait, pour bien des raisons, que la question soit étudiée par une commission royale d'enquête au lieu de notre Comité. C'est là une affirmation très énergique si l'on songe à ce qu'il a écrit dans l'article de fond.

M. NUGENT: Je voudrais relever à son intention une déclaration qu'il a faite dans un éditorial. Si cet homme doit venir ici nous exposer ses vues et répondre à toutes nos questions, il faudrait peut-être décider si nous allons citer ici, en son absence, certaines de ses déclarations au sujet desquelles il pourra être contre-interrogé.

M. DRYSDALE: J'en suis à la question que M. Slogan a soulevée, à savoir pourquoi il devrait être convoqué ici afin de nous renseigner sur les domaines auxquels il s'intéresse. D'après moi, il importe de décider s'il devrait être appelé à témoigner.

M. NUGENT: Il a peut-être exprimé des blâmes, mais ce n'est pas forcément une raison de le convoquer. A ce que je comprends, il a voulu montrer dans ses écrits à quel point il diffère d'opinion. Je ne crois pas qu'il faille nécessairement répéter les déclarations qu'il a faites, à seule fin de prouver que le comité devrait le convoquer ou que ses vues sont tout à fait contraires. Pourquoi relever les déclarations et les débattre à ce point de vue-là? Il n'est pas du tout d'accord. Mais nous sommes humains. A mon avis, il n'est pas nécessaire de lire les déclarations ni de relever aucune des critiques qu'il a lancées contre l'AECL.

M. DRYSDALE: En ce qui concerne M. Golding, je ne sais pas s'il a formulé des critiques ou non. Il s'agit de savoir s'il peut être de quelque utilité au comité. La question se résume à cela. Nous voulons avant tout qu'on nous aide dans nos délibérations et, à mon avis, tout se rattache à la question de savoir si ces témoins peuvent nous être utiles dans nos débats.

M. BEST: Selon moi, peu importe s'il a formulé ou non des critiques. Il est en mesure d'exprimer ses vues dans une très importante revue spécialisée et, à ce titre, il a déclaré ne pas vouloir comparaître; mais il exprime des opinions depuis un certain temps et nous tâchons d'entendre ici le plus possible de points de vue différents. Pour ma part, je considère le Comité comme un forum intéressant où nous pouvons connaître des opinions sur bien des aspects des nombreuses questions en cause.

M. DRYSDALE: Lorsqu'il s'agit d'appeler des témoins, vous avez l'habitude, monsieur le président, de nous demander de proposer des noms. Nous avons dressé cette liste d'un commun accord, et M. Best, de son propre chef, s'est dit d'avis que M. Golding peut rendre service au comité. Pour nous conformer à l'usage, d'après moi, nous devrions nous rallier à son idée car, en fait, il se porte garant que M. Golding peut nous être utile.

M. NUGENT: On a déjà dit que nous avons demandé à cet homme s'il voulait comparaître. Pour moi, si l'on me demande de me prononcer sur la question de savoir si une assignation doit être envoyée aux témoins, je devrai m'assurer auparavant qu'ils nous seront d'une certaine utilité. Comme je ne sais pas grand chose d'eux, je devrai consulter les témoignages dont nous sommes saisis. Cet homme, semble-t-il, a formulé des critiques dans une revue. Je puis donc en conclure que s'il a fait tant de critiques depuis un certain temps, c'est parce qu'il doit avoir une conviction profonde. S'il est de bonne foi et s'il tient à ses idées, il me semble qu'il ne devrait pas se faire prier pour comparaître devant le Comité et l'aider autant que possible. S'il n'est pas tellement convaincu et qu'il ait pu écrire comme il l'a fait, il a peut-être quelque autre idée qui n'est pas tellement louable et il a peur de comparaître devant le comité. Dans l'un ou l'autre cas, je dis que c'est lui seul qui peut juger s'il est

en mesure de nous éclairer sur cette question. S'il préfère s'abstenir de témoigner, cela démontre tout simplement qu'il ne s'estime pas capable de nous renseigner et il ne faudrait pas exagérer l'importance de ses critiques ou de ses écrits, en disant que nous les prenons tellement au sérieux que nous devons le citer à comparaître. Je n'ai encore rien vu ni rien entendu qui puisse laisser croire que sa présence soit indispensable.

M. BEST: Je conseille à M. Nugent de lire certains des articles de M. Golding avant de parler. A mon avis, le raisonnement sur lequel il se fonde porte à faux et je m'en rends bien compte depuis un certain temps. C'est la seule revue du genre au Canada qui ait de telles responsabilités. Je puis me tromper, mais je crois avoir raison. Il s'agit là d'une constatation importante et d'une déclaration sérieuse. Les membres du Comité sont de cet avis, je pense, et je ne comprends donc pas pourquoi cet homme ne devrait pas être appelé à témoigner.

M. NUGENT: Pourquoi ne vient-il pas?

M. BEST: C'est à nous de le découvrir.

M. AIKEN: C'est là-dessus que je fonde mon objection. A ma connaissance, chaque fois que nous avons vraiment envoyé des assignations à des témoins, c'était parce qu'ils ne pouvaient pas payer leurs frais de voyage et qu'ils s'attendaient à les faire payer par l'État.

M. BEST: Qui sait? C'est peut-être la raison.

M. AIKEN: Je voudrais savoir pourquoi il ne veut pas venir témoigner et je ne crois pas qu'un témoin récalcitrant puisse être d'une grande utilité au comité.

M. STEARNS: Une dernière question que je tiens à soulever. Je n'ai pas lu l'éditorial, mais je me demande si ces articles qu'il publie en tant que rédacteur traduisent ses propres idées ou bien celles d'autres personnes. J'ai lu un grand nombre d'éditoriaux qui ne représentent sûrement pas les propres vues de leur auteur.

M. SLOGAN: A mon avis, il pourrait contribuer pour beaucoup à tirer cette affaire au clair. Il a formulé beaucoup de critiques, semble-t-il, mais s'il va jusqu'à dire que le programme fédéral d'énergie atomique est voué à la ruine, s'il fait des déclarations qui ne sont pas tellement fondées, alors il devrait exposer la situation sans détours. De toute façon, ces articles paraissent tous les mois et, à mon avis, cela nous fournirait un bon sujet de discussion si le comité l'obligeait à venir s'expliquer.

M. NUGENT: Je n'ai encore rien entendu au sujet des titres de cet homme, si ce n'est qu'il semble avoir des idées bien arrêtées et disposer d'un moyen de diffuser ses préjugés. Les personnes qui tiennent à le faire comparaître voudront peut-être nous dire quels sont ses titres justificatifs et dans quelle mesure il pourrait nous être utile. Nous ne devrions certes pas donner de l'importance à tous ceux qui expriment leurs idées avec véhémence pour la seule raison qu'ils ont des vues bien arrêtées. Ce n'est pas une raison de faire comparaître cet homme devant le comité. Je pense à notre désir de nous renseigner et, pour ma part, j'aimerais savoir quelles connaissances il possède dans ce domaine. Comme le dit M. Stearns, le seul fait qu'il ait un certain nombre d'adeptes ne nous le rend pas absolument indispensable, et nous ne ferions peut-être qu'exagérer l'importance de ses articles en les prenant au sérieux. Je n'ai pas l'intention de prendre au sérieux les écrits de quiconque ne répond pas à une invitation à venir témoigner au comité. S'il sait quelque chose ou s'il adopte une telle attitude à l'égard de cette question, il devrait s'empresse de saisir l'occasion de venir ici. S'il ne le fait pas, c'est tout simplement parce qu'il n'est pas de bonne foi, qu'il a peur de venir, et je ne voudrais pas qu'on lui force la main.

Le PRÉSIDENT: Vous comprenez, monsieur Nugent, ce n'est pas tout le monde qui travaille pour son propre compte. Cet homme travaille pour quelqu'un d'autre.

M. BRUNSDEN: S'agit-il, en l'occurrence, de communiqués ou d'articles de fond?

M. DRYSDALE: D'articles de fond.

M. BRUNSDEN: Publiés par qui?

M. DRYSDALE: Par la même revue de technogénie.

M. BRUNSDEN: Qui en est le rédacteur?

M. DRYSDALE: C'est lui, si je comprends bien.

M. STEARNS: Pourquoi ne pouviez-vous pas lui écrire afin de savoir à quoi vous en tenir? D'après la lettre, c'est en 1960 qu'il a refusé de venir. Il a peut-être changé d'idée.

Le PRÉSIDENT: Nous avons des lettres plus récentes. A mon avis, nous devrions renvoyer la question à 8 heures, de façon que les membres du Comité puissent se renseigner sur cet homme. Ils auront peut-être l'occasion de lire les éditoriaux.

M. NUGENT: J'aimerais bien pouvoir réfléchir à tout cela.

Le PRÉSIDENT: Nous pouvons revenir sur la question à 8 heures. Il est plutôt inusité d'assigner un témoin à comparaître. Toutefois, c'est au comité qu'il revient de prendre une décision. Vous avez le droit d'envoyer une assignation si vous le désirez. Ce serait une bonne idée de laisser la question de côté afin d'y réfléchir, et de l'aborder de nouveau à 8 heures.

M. DRYSDALE: En jetant un coup d'oeil rapide sur les éditoriaux, on s'aperçoit qu'ils renferment des critiques assez violentes envers l'AECL. M. Gray doit être mieux au courant de tout cela. D'après moi, il faudrait citer cet homme comme témoin afin de découvrir si les déclarations sont fondées. Sinon, des doutes planeront sur l'AECL jusqu'à ce qu'ils aient été dissipés par quelque autre déclaration. J'aimerais savoir qui est responsable de ces déclarations.

M. BRUNSDEN: Si c'est lui le rédacteur de la revue...

M. DRYSDALE: Oui.

M. BRUNSDEN: Et l'auteur des articles.

M. DRYSDALE: Il les a signés.

Le PRÉSIDENT: Rien ne presse d'ici quelques heures. Nous pouvons réfléchir à la question cet après-midi et attendre à 8 heures pour prendre une décision.

M. BEST: Je signale que M. John Davis de la *B.C. Electric* est ici. Je suppose qu'il voudra comparaître plus tard devant le comité.

Le PRÉSIDENT: Il doit comparaître le 30 mai. Vous ne pourriez pas venir plus tôt, monsieur Davis?

M. JOHN DAVIS: Non, c'est le plus tôt que je pourrais venir, car je dois me documenter et voir à d'autres détails.

M. SLOGAN: Je me demande si l'on pourrait appeler comme témoin M. B.E. Knight, du ministère des Transports, qui s'est occupé de l'achat d'un terrain dans la région de Whiteshell. Il y a certaines questions qui m'intéressent au sujet de l'achat du terrain et des crédits affectés à cette région.

Le PRÉSIDENT: Aimeriez-vous en discuter tout de suite ou à la réunion du comité directeur?

M. SLOGAN: On pourra le faire au comité directeur.

Le PRÉSIDENT: Nous pourrions nous réunir durant 5 minutes après la

séance. Vous serez encore ici. A-t-on d'autres questions à poser avant que nous demandions à M. Boyd de répondre à certaines questions qui lui sont venues à l'esprit et sur lesquelles nous aimerions avoir des éclaircissements ou des précisions? Très bien, j'appelle M. Boyd.

M. BOYD: Mardi soir, des témoins de l'AECL ont fait certaines déclarations erronées au sujet de mon mémoire. J'ai donc jugé nécessaire de rédiger un exposé pour répondre à certaines des observations qu'ils ont formulées.

Mardi soir, on a fait grand cas de ce que j'ajoutais foi aux nouvelles publiées dans les journaux. Ce reproche est peut-être justifié jusqu'à un certain point, mais il est bien permis, je pense, de s'en remettre aux journaux à défaut d'une autre source de renseignements.

J'ai cité d'assez longs extraits d'un article paru dans le *Globe and Mail* à propos du laboratoire de plutonium de Chalk-River. L'AECL n'a jamais confirmé ni démenti cette nouvelle. A ma connaissance, cet organisme n'en a jamais soufflé mot dans ses publications officielles. Un crédit de \$350,000 figure tout simplement dans son budget pour un laboratoire de plutonium. Or, dans mon mémoire, j'ai dit qu'elle est, d'après moi, l'objet de cette dépense.

Vous noterez que, mardi soir, M. Lewis a dit que je me renseignais en lisant les journaux. Mais vous aurez aussi remarqué qu'il n'a rien dit pour confirmer ou démentir cette nouvelle-là. Je consens volontiers à ce que les directeurs de ce laboratoire me fournissent des renseignements officiels sur le sujet. J'aimerais bien savoir ce qu'il en est. Mais jusqu'à ce qu'on m'ait donné une explication claire et nette, vous m'excuserez, je l'espère, de continuer à me renseigner par les journaux. En fin de compte, les journaux s'efforcent uniquement de tenir le public au courant, et vous aussi messieurs, de ce que font nos amis de Chalk-River.

Lorsque l'AECL publie un document ou présente un exposé, au cours d'une pareille audition, concernant ses travaux dans un domaine comme celui qui nous intéresse, alors nous obtenons des renseignements complets. Mais lorsque l'AECL garde le silence comme elle l'a fait au sujet de cette question secondaire du laboratoire de plutonium, il ne nous reste plus alors que les journaux.

On a prétendu mardi soir que j'avais des intérêts à protéger dans cette affaire. C'est vrai, dans un sens; ce l'est aussi de tous les autres, y compris les témoins de l'AECL.

Tous les témoins que vous interrogez sur cette question ont travaillé ou travaillent encore dans ce domaine. Les gens de l'AECL travaillent depuis bien des années au réacteur à eau lourde et, bien entendu, ils s'intéressent vivement à sa réussite. J'ai travaillé moi aussi à un réacteur à eau lourde, ainsi qu'à un réacteur à haute température et à réfrigérant gazeux. A mon avis, le second est supérieur au premier comme générateur d'énergie.

Mais pour être tout à fait exact, je propose uniquement qu'on étudie en général les réacteurs à haute température et à réfrigérant gazeux; celui que j'ai conçu n'est qu'un modèle parmi plusieurs. Je ne dis pas que nous devrions en construire un maintenant. Je voudrais seulement que nous étudiions ce genre important de réacteur. Les Anglais y travaillent et les Américains aussi. Les Allemands y travaillent et les Français s'efforcent de mettre au point un combustible pour ce réacteur.

Je prétends donc que nous devrions faire une sérieuse étude technique des travaux qui se poursuivent à l'étranger. Si cela fait de moi une partie intéressée, alors je suis intéressé.

Il a beaucoup été question mardi soir des facteurs de sécurité. J'ai parlé de la sécurité en signalant en particulier qu'on avait renoncé au facteur ordinaire de sécurité dans les tubes à pression du CANDU et du NPD-2. J'aimerais replacer cette question des normes de sécurité dans sa juste perspective. Les

cuves sous pression ne nous font pas l'effet d'être des articles d'usage courant. Mais elles en sont, en fait; ce sont, par exemple, des chaudières et des tuyaux à vapeur.

Or, au siècle dernier, lorsque la révolution industrielle était bien amorcée et que les employeurs étaient plus insensibles, il arrivait souvent que des chaudières éclatent dans les fabriques ou sur les bateaux du Mississippi, par exemple. Des travailleurs se faisaient tuer ou blesser par des éclats ou par la vapeur. Avec le temps, les métallurgistes et les ingénieurs en ont appris davantage sur la résistance des métaux. L'assurance des chaudières a pris de l'importance, et les sociétés d'assurance ont commencé à exiger que certaines normes soient respectées avant de risquer d'émettre une police. Ce qui est plus important encore, les gouvernements sont devenus conscients de leurs responsabilités dans ce domaine envers les travailleurs et le public et ont insisté pour que les marges voulues de sécurité soient observées. Ainsi, par exemple, l'Ontario a intégré le code des cuves sous pression dans une mesure législative, la loi relative aux chaudières et aux cuves sous pression. Par conséquent, messieurs, les normes de sécurité sont tout à fait d'actualité: car elles permettent aux gens de travailler en toute sécurité près d'une chaudière ou d'une conduite de vapeur dans une usine ou un bureau ou sur un navire. Il est vrai, comme le dit M. Lewis, que si jamais son réacteur fait explosion, personne n'en souffrira en dehors de l'immeuble. Mais qu'arrivera-t-il à ceux qui se trouveront à l'intérieur? Il y avait trois personnes dans l'usine de Idaho-Falls en janvier. Deux ont été tuées sur le coup par le jet de vapeur, et la troisième n'a vécu que six heures. L'accident est survenu la nuit. Pendant le jour, il y avait bien plus de travailleurs dans l'immeuble. Notez bien qu'il ne s'agissait pas d'une explosion nucléaire, même si les causes étaient de nature nucléaire. Ce n'était, somme toute, qu'une simple éruption de vapeur. Notez également que la cuve sous pression ne s'est pas brisée ni fendillée d'aucune façon. On avait pratiqué plusieurs petites ouvertures, dont le diamètre était à peu près le même que celui des tubes à pression du CANDU, afin de changer des pièces. C'est par ces petits trous qu'un jet de vapeur s'est échappé soudainement, ce qui a eu de tragiques résultats. Ce réacteur était aussi muni de tous les dispositifs de sécurité imaginables, tout comme en auront le CANDU et le NPD-2. Personne ne s'attendait à cet accident. Pourtant, il s'est produit. La même chose pourrait arriver un jour au CANDU, même si l'on prend les précautions ordinaires de sécurité. Qui sait?

Le moins que nous puissions faire, c'est d'insister pour qu'on respecte les facteurs de sécurité habituels—il n'est pas question de facteurs exceptionnels—indépendamment de toute autre considération. Cette règle devrait être appliquée afin de protéger les gens ordinaires, non pas les savants qui se rendent compte des dangers, mais les hommes ordinaires qui travailleront un jour dans ces usines.

Du fait que nous abaissons le facteur de sécurité de quatre à trois, ne veut pas dire que nous aurons un accident. Mais les risques d'accidents sont bel et bien accrus. On a dit, mardi soir, qu'il existe d'autres moyens de protection en plus du facteur de sécurité du tube à pression, au cas où un ou plusieurs tubes éclataient. Mais ces moyens ne protégeraient que les gens du dehors et non ceux qui gagnent leur vie en travaillant à l'intérieur. Mon raisonnement tient toujours, messieurs. La norme acceptée est de quatre. Après de nombreuses discussions, au dire de M. Gray, l'AECL a persuadé les inspecteurs de chaudières de l'Ontario d'abaisser le facteur à trois pour ces tubes. Les représentants de l'AECL ont laissé entendre mardi soir que l'inspecteur de chaudières de Toronto a volontiers approuvé ce facteur réduit de sécurité. J'en doute. Je n'irai pas jusqu'à dire que l'AECL a forcé la main à l'inspecteur des chaudières, mais je suis prêt à parier que l'inspecteur n'a pas obligé l'AECL à réduire

les marges de sécurité de ce type de réacteur.

M. Lewis a dit qu'on aurait pu construire cette centrale en observant le facteur de sécurité ordinaire de quatre. Pourquoi ne l'a-t-on pas fait alors? D'après M. Lewis, c'est parce que l'énergie coûterait trop cher et serait peu économique. Messieurs, devrions-nous adopter au Canada un genre de réacteur qui, pour être à la hauteur de la concurrence, doit être construit au mépris des normes reçues de sécurité? On n'a pas à toucher aux normes de sécurité si l'on construit un réacteur britannique de type Calder Hall. On n'a pas à toucher aux normes de sécurité si l'on construit un réacteur américain à eau bouillante. Devrions-nous alors nous lancer à fond de train dans la construction d'un type de réacteur dont le bon fonctionnement exige des marges de sécurité et exposer inutilement les travailleurs au danger? Puis, j'ai parlé du coût de la deuxième unité CANDU.

Le coût estimatif officiel de la première unité CANDU, présentement en voie de construction, est de 81 millions et demi, même si M. Gray a donné à entendre le 11 mai, en parlant d'un supplément de 10 millions pour des travaux de recherches et de perfectionnement à l'égard du CANDU, que le coût prévu actuellement se rapprocherait plutôt de 90 millions.

M. BRUNSDEN: Monsieur le président, j'invoque le Règlement. J'ai cru comprendre que le témoin ferait une nouvelle déclaration. Il semble s'en prendre à ceux qui ne sont pas d'accord avec lui. Allez-vous lui permettre de continuer ou bien entendrons-nous cette nouvelle déclaration?

LE PRÉSIDENT: Monsieur Brunsten, on a dit au début de la séance que M. Boyd avait une déclaration à faire et que M. Gray était prêt lui aussi, à juste titre, à répondre aux déclarations de M. Boyd. A mon avis, nos délibérations sont en très bonne voie et M. Gray, ainsi que MM. Lewis et Lawrence, aura tout le temps de faire des déclarations ou des observations. C'est la seule façon dont nous, en tant que membres d'un comité, pouvons en venir à une conclusion. Il n'est que juste que tous deux puissent se faire entendre.

M. BRUNSDEN: Si vous dites les deux, alors ça va.

M. BOYD: Dans le tableau I de mon mémoire, qui figure à la page A-2, je donne la ventilation du montant de 81 millions et demi fournie par l'AECL. M. Gray prétend être en mesure de construire une seconde unité CANDU pour 65 millions. Il me tarde de le voir nous prouver, au moyen de cette ventilation et en s'arrêtant à chaque article en particulier, comment ces 16 millions et demi pourraient être rognés.

A propos de coûts, vous vous souviendrez que, dans mon mémoire, j'ai dit qu'une partie de l'uranium utilisé dans le CANDU était censé être de préparation américaine, soit de l'uranium enrichi, même si l'on a cherché à donner l'impression que nous n'avions besoin que d'uranium naturel produit au Canada. Voici ce que M. Lewis a à dire à propos de cet uranium enrichi:

C'est un détail insignifiant et secondaire, car il n'exige pas d'approvisionnement global, ne s'épuise pas et n'entraîne pas de frais. Il est censé durer aussi longtemps que le réacteur.

C'est peut-être un détail peu important. Il ne faut peut-être pas «d'approvisionnement global» quoi que cela veuille dire; il peut bien ne pas s'épuiser, même si ce n'est sûrement pas le cas, en réalité. Mais, messieurs, ce n'est certes pas vrai du tout qu'il n'entraîne pas de frais.

Dans le tableau I à la page A-2 de mon mémoire, vous noterez le chiffre relatif aux coûts supplémentaires du Xenon. Il s'agit là d'uranium enrichi. Vous verrez, messieurs, que les frais inexistant, d'après M. Lewis, s'élèvent à un demi-million de dollars. Puis, j'ai reproduit de nombreux calculs effectués par M. Carl Cohen de la *U.S. General Electric Company* sur la question primordiale du coût des usines d'eau lourde pour approvisionner le genre de réacteur

que Chalk River préconise. M. Lewis s'est arrêté assez longuement sur cette partie de mon mémoire. Il a dit d'abord qu'il avait correspondu avec Cohen au sujet de son article et qu'à son avis, il l'avait emporté dans la discussion. Voici ses propres paroles:

J'affirme que tout ce que M. Boyd vous a dit est faux.

Étant donné qu'il m'accuse d'être tout à fait dans l'erreur, je tiens à vous expliquer au juste ce que j'ai voulu dire.

Je me suis appuyé, au départ, sur l'estimation selon laquelle, en 1980, l'Ontario aurait aménagé assez de génératrices nucléaires pour produire 6 millions de kilowatts d'énergie. Je n'ai pas inventé ce chiffre. Je l'ai trouvé à la page 270 du volume intitulé *Les perspectives énergiques du Canada* et qui fait partie du rapport de la Commission royale d'enquête sur les perspectives économiques du Canada, connu sous le nom de rapport Gordon. Cet ouvrage a été rédigé par M. John Davis qui, sauf erreur, doit comparaître devant vous. Lorsque nous étions ici mardi, l'hon Robert Macauley, ministre de l'Énergie de l'Ontario, aurait déclaré, d'après les journaux, aux membres de l'Association nucléaire du Canada réunis à Toronto, qu'en 1980 l'Ontario aura installé des génératrices nucléaires capables de produire 6 millions de kilowatts d'énergie. J'estime donc avoir raison d'utiliser ce chiffre pour 1980.

Voici en quels termes M. Lewis s'en prend ensuite au raisonnement de Carl Cohen:

Je ne trouve rien à redire au chiffre de \$56 le kilowatt donné par Carl Cohen, mais il s'applique à un service qui s'accroîtra à raison de 25 ou 35 p. 100 par année.

En réalité, M. Cohen avait dit \$59 le kilowatt et non \$56. M. Lewis a prétendu ensuite que les calculs de M. Cohen étaient erronés, ou que je m'en étais mal servi parce que le taux de croissance de la puissance installée en Ontario serait de l'ordre de 5 à 7 p. 100 par année et non de 25 à 35 p. 100, comme le prétend M. Cohen. De l'avis de M. Lewis, les chiffres de M. Cohen, même s'ils sont exacts, ne pouvaient s'appliquer à l'Ontario, parce que le taux de croissance présumé par Cohen était trop élevé. Par conséquent, le différend qui nous oppose, M. Lewis et moi-même, sur ce point se ramène à une question bien simple. Voici ce qu'il en est. Si le taux de croissance prévu de la puissance nucléaire installée en Ontario s'élève à environ 25 p. 100, alors j'ai raison; d'ici à 1985, nous aurons dépensé ou nous dépenserons un montant énorme variant entre  $\frac{3}{4}$  de milliard et 1 milliard et quart pour les usines d'eau lourde servant à alimenter nos réacteurs. D'autre part, si le taux de croissance prévu est de l'ordre de 5 à 7 p. 100, alors j'aurai eu tort.

Ce taux de croissance n'a rien de mystérieux. On s'accorde pas mal à reconnaître que, d'ici la fin de 1980, l'Ontario devra posséder des génératrices nucléaires pouvant produire de 6 millions de kilowatts. Nous serons en passe d'atteindre ce chiffre en 1965, lorsque le CANDU commencera à produire 200,000 kilowatts. Vous pouvez très facilement calculer vous-mêmes le taux de croissance à partir de 1965.

A loisir, prenez une feuille de papier, et inscrivez-y en haut à gauche, 1965, puis à côté, 200,000 kilowatts. Ensuite, inscrivez 1966 et calculez 25 p. 100 de 200,000 kilowatts, soit 50,000 kilowatts, de sorte qu'à la fin de 1966 nous aurons en tout 250,000 kilowatts.

M. NUGENT: M. Boyd croit-il vraiment que nous avons besoin d'instructions aussi détaillées sur la façon de calculer une croissance de 25 p. 100?

M. BOYD: Cela donne un taux assez impressionnant.

M. NUGENT: Pourrait-il nous épargner les années intermédiaires et en venir au fait?

M. BOYD: Je vais vous épargner tous ces détails. Si vous faites ces calculs, vous obtiendrez, je vous l'assure, environ 6 millions de kilowatts en 1980. En fait, votre total sera légèrement inférieur à 6 millions, car pour atteindre ce chiffre exactement, il faut ajouter 25½ p. 100 chaque année.

Hier, à Toronto, M. Gray a déclaré que le total en 1980 ne serait pas de 6 mais de 7 millions de kilowatts. Cela suppose un taux de croissance encore plus élevé. Par conséquent, la puissance des génératrices nucléaires installées en Ontario va s'accroître au rythme de 25 p. 100, tout comme l'affirmait M. Cohen. Permettez-moi de citer encore une fois les paroles de M. Lewis:

Je ne trouve rien à redire au chiffre de \$56 le kilowatt donné par Carl Cohen, mais il s'applique à un service qui s'accroîtra à raison de 25 ou 35 p. 100 par année.

Par conséquent, il n'y a rien qui cloche dans les chiffres de M. Cohen, ni dans les miens non plus. Il faudra affecter \$59 à l'aménagement d'usines d'eau lourde pour chaque kilowatt de puissance. D'ici à 1980, nous devons dépenser 6 millions de fois \$59, soit 354 millions. Si vous continuez à ajouter 25 p. 100 par année, vous constaterez qu'en 1985, nous aurons installé des centrales nucléaires d'une puissance de 18.8 millions de kilowatts. A \$59 le kilowatt, il faudra affecter un peu plus de 1.1 milliard à l'aménagement d'usines d'eau lourde d'ici à 1985.

Voici, en fait, ce que Carl Cohen tentait de prouver. Si au lieu de réacteurs à eau lourde utilisant de l'uranium naturel, nous nous servons d'uranium enrichi de façon à pouvoir nous passer d'eau lourde, il faudra songer aux installations d'enrichissement. D'après M. Cohen, les installations d'enrichissement pour un nombre donné de kilowatts qui s'accroît rapidement chaque année ne coûtent que le tiers du montant requis pour l'aménagement d'usines de production d'eau lourde. Autrement dit, en 1985, alors que la puissance installée sera de 18.8 kilowatts, au lieu d'avoir eu à dépenser 1.1 milliard pour aménager des usines de production d'eau lourde, nous n'aurions dépensé que 320 millions à l'aménagement d'une usine d'enrichissement. Or, la différence entre 1.1 milliard et 320 millions représente beaucoup d'argent, personne ne le contestera. Il se peut que ces montants diminuent avec le temps. Nous trouverons peut-être des façons plus économiques de produire l'eau lourde. Mais il est tout aussi probable que nous parviendrons à enrichir l'uranium à moins de frais.

A mon avis, il en coûtera toujours beaucoup moins pour approvisionner des centrales de 18.8 millions de kilowatts en uranium enrichi que pour fournir à des centrales de même puissance l'eau lourde qui leur sert de ralentisseur.

En terminant, je tiens à dissiper certains malentendus au sujet des usines d'enrichissement. J'ai entendu les noms des témoins qui vont comparaître devant vous. Certains d'entre eux vont sans doute préconiser l'aménagement d'une usine d'enrichissement dès maintenant. Messieurs, je ne suis pas tout à fait de cet avis. Je reconnais que l'idée a beaucoup de bon. Mais il faut que nous en sachions davantage. Nous devons tenir compte de la rentabilité d'une usine canadienne qui utiliserait l'une ou l'autre des techniques d'enrichissement. Lors de la réunion de l'Association nucléaire du Canada, hier à Toronto, M. P.K. Peterson de l'*Orenda Engines* a donné lecture d'un mémoire où il proposait d'étudier un nouveau procédé d'enrichissement au moyen de la centrifugeuse à gaz, qui serait vraisemblablement moins coûteux. J'irai même un peu plus loin. Il nous faut étudier toutes les techniques d'enrichissement afin de nous rendre compte si l'une d'entre elles conviendrait au Canada. Voilà certes une proposition raisonnable. L'AECL doit sûrement approuver l'idée d'examiner la question ouvertement et en toute impartialité.

Le PRÉSIDENT: A-t-on quelque chose à dire avant que M. Gray ou ses adjoints répondent?

M. BRUNSDEN: Un mot seulement au sujet de ses allusions concernant les journaux. A mon avis, la presse sert la cause du Canada et je suis bien sûr que si ses propos ont pu être mal interprétés, c'est parce qu'il s'est laissé entraîner par sa propre verbo­sité. Nous pouvons être fiers de nos journaux qui rapportent fidèlement les nouvelles et en tant que membre de ce comité, je m'opposerai toujours à ce qu'on porte atteinte à l'intégrité de la presse.

M. BOYD: Monsieur, je n'ai jamais prétendu que la presse manquait d'intégrité. En fait, j'ai loué les journaux, qui nous renseignent sur des questions aussi complexes que l'énergie atomique.

Le PRÉSIDENT: A-t-on des observations à formuler avant que j'appelle M. Gray et ses associés?

M. GRAY: Avant d'aborder le mémoire de M. Boyd, j'aimerais seulement tirer un point au clair. Comment M. Boyd a-t-il pu mettre la main sur le compte rendu de la séance de mardi soir de façon à pouvoir en citer d'aussi longs extraits? Le texte ne nous a pas été remis. Un exemplaire nous en a été prêté à 10 heures du matin, mais nous avons dû le remettre au secrétaire à 2 heures, et on ne nous a certes pas fourni le compte rendu pour nous permettre de relever les déclarations qui y sont consignées. A mon avis, c'est assez injuste, mais je n'estime pas que cela change quoi que ce soit à la situation.

M. NUGENT: La chose m'intéresse moi aussi. Où M. Boyd a-t-il obtenu le texte du compte rendu?

Le PRÉSIDENT: Il ne s'est pas adressé à mon bureau.

M. BOYD: Je l'ai demandé à M. Best.

M. BEST: Comme peut le faire quiconque a besoin du texte du compte rendu. Autant que je sache, M. Boyd l'a probablement eu en sa possession moins longtemps que M. Gray et ses adjoints, sûrement pas pendant quelques jours et M. Gray a parlé de quatre ou six heures, n'est-ce pas?

M. GRAY: Quatre heures. Ce n'est pas une excuse. On ne nous a pas laissé ce texte assez longtemps pour nous permettre d'en tirer des passages. Je ne pensais pas vraiment qu'on était censé procéder de la sorte. Je croyais qu'il fallait se reporter au compte rendu officiel.

Le PRÉSIDENT: Monsieur Gray, vous avez le droit de vous reporter au texte avant que le compte rendu officiel soit imprimé.

M. BEST: Vous pouvez vous en servir si le texte imprimé se fait attendre.

M. GRAY: Des exemplaires du compte rendu sont-ils mis à notre disposition avant qu'il soit publié officiellement?

M. McILRAITH: Un exemplaire devrait vous en être fourni pour que vous puissiez vous assurer que votre témoignage est bien exact.

M. BEST: Si vous trouvez que le compte rendu ne reproduit pas fidèlement vos paroles, vous êtes parfaitement en droit de faire apporter des rectifications.

M. GRAY: C'est ce que nous avons fait hier lorsque nous avons lu le texte.

Le PRÉSIDENT: Tirons donc cette affaire au clair. Le texte du compte rendu a été envoyé à mon bureau en ma qualité de président, et il est à la disposition des témoins, comme l'a dit M. McIlraith, pour leur permettre de vérifier les déclarations qu'ils ont faites. Vous l'avez eu pendant quatre heures. Ce n'est peut-être pas assez pour revoir un compte rendu aussi long. Je ne sais pendant combien de temps M. Boyd l'a eu en sa possession, mais vous aviez le droit de le garder assez longtemps pour relire tout ce qui s'était dit mardi.

M. BEST: J'en ai un exemplaire à mon bureau en tant que vice-président.

M. GRAY: A la page 5, à l'alinéa 24, de son mémoire, M. Boyd dit que l'AECL devrait cesser de construire des centrales d'électricité. Nous sommes sûrement d'accord avec lui et nous l'avons toujours reconnu en public et autrement. A

vrai dire, dans mon discours d'hier, qui a été rédigé bien avant que M. Boyd présente son mémoire, j'ai déclaré ceci :

Comme vous ne l'ignorez pas, le seul programme de quelque importance dans notre pays est financé en grande partie par le gouvernement fédéral et dirigé par l'*Atomic Energy of Canada Limited*. Nous, de l'AECL, attendons avec impatience le jour où les entreprises privées du Canada pourront mettre sur le marché mondial leur propre énergie nucléaire. A mon avis, il existe présentement au Canada des entreprises commerciales qui pourraient, à elles seules, ou en collaboration avec d'autres sociétés, au moyen des renseignements qu'elles possèdent, mettre sur pied des centrales nucléaires et en garantir le rendement au point de vue technique. Avant de pouvoir garantir un rendement économique, il faudra encore un peu de temps.

L'AECL et le gouvernement ont l'intention de confier ce genre d'activité aux entreprises privées et commerciales aussitôt qu'elles seront en mesure de se tirer d'affaire.

M. BRUNSDEN: Ce sera strictement sur une base commerciale?

M. GRAY: Nous l'espérons, mais il se pourrait que nous allions plus loin et que nous leur accordions un peu d'aide financière, comme nous le faisons présentement dans le cas de la *Canadian General Electric Company*.

M. NUGENT: Monsieur Gray, vous avez eu pour règle d'aider autant que possible l'entreprise privée, même à cet égard?

Le PRÉSIDENT: Nous pourrions peut-être laisser M. Gray terminer son exposé.

M. GRAY: Il en est question dans plusieurs paragraphes, surtout à l'alinéa 31 où M. Boyd dit que l'administration de l'énergie atomique en Grande-Bretagne a confié ce genre de travaux aux entreprises commerciales du secteur privé. Dès qu'il y aura des sociétés canadiennes prêtes à se charger de ce travail, tout comme les entreprises commerciales du secteur privé en Grande-Bretagne, nous serons ravis de leur transmettre nos responsabilités. M. Boyd est au courant, j'en suis sûr, des relations qui existent entre les divers consortiums de Grande-Bretagne, l'administration des centrales électriques du Royaume-Uni et l'administration de l'énergie nucléaire du Royaume-Uni.

Il y aurait peut-être lieu de donner quelques explications au sujet de la mise au point de la construction et d'un réacteur canadien par l'AECL. Si nous procédons ainsi, c'est qu'à notre avis, c'était la seule façon pratique de mener cette tâche à bien. Vous connaissez le réacteur NRU qui peut produire 200,000 kilowatts. Nos ingénieurs conseils venaient de la *C.D. Howe Company* —M. Boyd était ingénieur en chef de cette société à l'époque—et lorsque les travaux ont été terminés, la *C.D. Howe Company* et nous-même avons décidé que ce n'était pas la bonne façon de construire un réacteur à ce moment-là. La *C.D. Howe Company* voulait à tout prix se retirer de ce genre d'entreprise.

Nous avons alors décidé de mettre au point et de construire la centrale NPD en collaboration avec l'industrie, qui en assumerait la responsabilité, et c'est ce que nous avons fait, de concert avec la *Canadian General Electric Company*. Le projet n'a pas remporté tout le succès voulu, faute d'une direction véritable des programmes et du prix de revient.

Lorsqu'il s'est agi de concevoir et de construire un grand réacteur, nous sommes dit: "Y aurait-il moyen d'intéresser l'industrie privée à l'entreprise? Nous allons créer un organisme et inviter à en faire partie tous ceux que la chose intéresse, de façon à grouper les services, les manufacturiers et les ingénieurs conseils avec leur personnel dans une même division qui s'occupera de la centrale nucléaire." Il ne s'agit pas d'un organisme permanent. Il n'existera pas indéfiniment mais disparaîtra lorsque le projet CANDU sera

achevé. Je tiens à signaler que c'est un consortium de personnes. Bien sûr, la plupart travaillent dans nos services, mais bon nombre viennent de l'extérieur.

En se lançant dans des arguments d'ordre économique, M. Boyd déclare ceci à l'alinéa 35:

Certes, M. Lewis a contribué dans une très grande mesure à l'élaboration de notre programme de réacteur et il mérite les plus grands éloges. Mais il n'a pas la haute main sur les deux projets. Il dirige dans une assez grande mesure le NPD, soit le petit réacteur de démonstration. Il n'assume pas la moindre responsabilité pour ce qui est du CANDU. Il fait partie de certains comités techniques, mais il n'est même pas président du comité technique du CANDU. Il n'a pas la haute main et ne dirige pas le CANDU dans une grande mesure.

M. DRYSDALE: Je ne voudrais pas vous interrompre, mais pourrions-nous connaître les titres de M. Lewis dès maintenant?

M. GRAY: Vous aimeriez peut-être que M. Lewis vous renseigne lui-même.

M. DRYSDALE: Il me semble que ce serait le moment opportun de le faire.

M. LEWIS: Voulez-vous que je vous décline mes titres?

Le PRÉSIDENT: Je pense que ce serait une bonne idée.

M. LEWIS: Je suis vice-président, aux recherches et au perfectionnement à l'*Atomic Energy of Canada Limited* depuis 1952, soit depuis que cette société de la Couronne existe. Ce ne fut guère un changement pour moi, car j'avais été directeur de la Division des recherches en énergie atomique au Conseil national de recherches, à Chalk-River, de 1946 à 1952.

Je suis venu au Canada en 1946 sur l'invitation de M. C.J. Mackenzie qui m'a fait abandonner le poste que j'occupais précédemment en tant que directeur en chef des recherches en télécommunications au Royaume-Uni.

Je me trouvais là pour m'occuper de la phase de transition qui a suivi la guerre, ayant été prêté en 1939 par l'université de Cambridge au ministère de l'Air pour deux ans. C'est dire qu'à compter de ce moment-là, je suis entré dans le domaine du radar.

En remontant encore plus loin en arrière pour montrer comment je suis arrivé à occuper ce poste, je dois dire que je me suis toujours intéressé particulièrement, comme physicien, à deux choses: la radio et la radioactivité. A l'université de Cambridge, j'ai donné des cours en électrodynamique, secteur radio. J'ai fait des recherches en radioactivité et mon dernier travail avant de partir a été d'aider à l'aménagement du cyclotron de Cambridge, où j'étais chargé du secteur des radiofréquences.

Cela veut dire que depuis 1939, je me suis consacré surtout à des travaux de réalisation, mais j'ai aussi dirigé des recherches scientifiques. Les travaux de mise au point que nous avons effectués pendant la guerre étaient très importants de sorte que j'ai acquis une vaste expérience dans ce domaine.

M. DRYSDALE: Pour plus de précision, puis-je vous demander si vous êtes ingénieur, si vos études ont porté surtout sur les recherches? Ou bien faites-vous des travaux de technogénie? C'est seulement pour délimiter votre domaine d'activité.

M. LEWIS: Je suis physicien. Je détiens le titre d'ingénieur électricien, mais non celui d'ingénieur civil. En fait, je ne fais pas du travail d'ingénieur.

M. GRAY: J'ajoute que M. Lewis a le grade de P.L.D. et qu'il est membre de la Société royale. On n'en trouve pas beaucoup au Canada.

M. BRUNSDEN: Est-il naturalisé Canadien?

M. GRAY: Oui.

Aux pages 7 et 8 de son mémoire, M. Boyd laisse entendre que nous ne nous intéressons à rien d'autre qu'aux réacteurs à eau lourde. A l'alinéa 42, il déclare ceci:

M. Lewis qui a inspiré ces deux projets et qui continue de voir en grande partie à leur réalisation.

N'importe qui peut isoler quelques déclarations de leur contexte afin de prouver ou d'essayer de prouver tout ce qu'il veut. Mais ce n'est pas là une preuve, et c'est être injuste et vouloir tromper que de relever quelques déclarations dans toute une série de publications en disant: "Il semblerait d'après ces déclarations". Il y a bien d'autres déclarations qui prouveraient tout à fait le contraire. M. Lewis a tenté de le démontrer mardi. Je ne saurais vous signaler exactement le passage. Je devrais peut-être retirer un page du livre de M. Boyd. Je vais citer la première partie de la page 9 et m'en tenir à cela:

D'après ces déclarations, il semble que l'AECL n'a jamais vraiment étudié de façon impartiale du point de vue des travaux de génie les divers types de réacteurs envisagés afin de choisir celui qui serait à l'avantage du Canada.

Ce serait trop beau de s'arrêter là.

M. BOYD: Oui, en effet.

M. GRAY: Mais voici ce qu'il ajoute au milieu de l'alinéa 46:

Dès 1965, on pourra envisager dans le sud de l'Ontario la possibilité d'obtenir de l'énergie atomique à un prix raisonnable, ou on sera obligé d'aménager en vitesse d'autres centrales génératrices fonctionnant au charbon, qui devront s'approvisionner en charbon des Etats-Unis durant toute la durée de leur exploitation.

Je tiens à signaler deux erreurs ici. La première, c'est que l'Hydro-Ontario n'aura pas à construire à la hâte des centrales chauffées au charbon. L'Hydro-Ontario s'occupe d'en aménager dès maintenant, car elle ne compte pas encore sur l'énergie nucléaire pour lui fournir l'électricité dont elle aura besoin.

M. BEST: Le fera-t-elle en 1965?

M. GRAY: Rien ne me laisse croire que l'Hydro-Ontario va modifier son programme d'ici à 1965. Cela dépend des résultats du NPD-2 et du CANDU.

M. BEST: L'Hydro-Ontario ne compte pas obtenir de l'énergie des centrales nucléaires d'ici 1965?

M. GRAY: D'après ce qu'on m'a dit, l'Hydro-Ontario ne compte pas sur l'énergie nucléaire pour produire son électricité en entier ou en partie d'ici 1965. Elle s'en remet au charbon.

M. NUGENT: Savez-vous si elle y comptera d'ici 1968?

M. GRAY: En deuxième lieu, je ne suis pas sûr que son activité soit entièrement subordonnée au charbon américain. Si vous lisez les journaux—et je puis confirmer cette nouvelle—vous saurez que l'Hydro-Ontario va faire venir 200,000 tonnes de charbon de la Nouvelle-Écosse cette année. Je ne sais s'il est déjà arrivé, mais le contrat a été conclu.

M. BEST: C'est une ligne de conduite que je voudrais bien voir se continuer.

M. GRAY: Je ne suis pas sûr si ce marché ne bénéficie pas de quelque subvention de l'État.

A l'alinéa 48, M. Boyd insiste sur le point suivant:

En outre, s'il apparaît en 1965 que nous avons réglé le problème en dépensant beaucoup d'argent sans nécessité, l'AECL sera grandement tentée de cacher son erreur.

A mon avis, M. Boyd ne comprend pas vraiment le fonctionnement du gouvernement ou des organismes de l'État. Je ne saurais comment cacher pareil fait même si je le voulais. Nous tenons une série complète de livres tout comme n'importe quelle société commerciale. Notre comptabilité est vérifiée par l'Auditeur général. Chaque année, nos crédits doivent être déposés à la Chambre des communes. La plupart des fonds du CANDU proviennent de prêts et sont inscrits tout à fait séparément dans nos registres. Je ne sais pas comment nous pourrions dissimuler des frais même si nous le voulions, et ce n'est sûrement pas le cas.

M. AIKEN: Il y a aussi les comités parlementaires.

M. GRAY: En effet, il y a aussi les comités parlementaires.

A l'alinéa 49, M. Boyd déclare ceci:

D'autre part, il se peut qu'elle vende la centrale de Douglas Point à l'Hydro-Ontario à un prix arbitraire, et fasse croire au public ainsi qu'à vous, messieurs, que le solde du coût correspond à des dépenses aux fins de recherches.

Nous avons dit publiquement que nous allions vendre l'usine à l'Hydro-Ontario à un prix fictif; c'est le prix qu'elle peut se permettre de payer. Nous avons aussi déclaré publiquement que la différence entre le coût et ce que la compagnie a les moyens de payer devra être débitée à l'ensemble des contribuables canadiens comme frais généraux, au titre de la recherche et du perfectionnement. Nous n'avons pas essayé de le cacher.

A la page suivante, il est question de l'écart de 5 millions entre mon estimation du coût d'un deuxième CANDU et celle de MM. Smith et Foster. Je crois avoir vidé cette question à la dernière réunion.

A l'alinéa 53, page 11, M. Boyd dit ceci:

Je prétends seulement qu'il vaudrait peut-être la peine d'examiner si la subvention que le gouvernement fédéral versera peut-être à l'Hydro-Ontario peut vraiment être justifiée pour combler des dépenses imputées au chapitre des frais de recherches et d'aménagement.

A mon avis la subvention ne saurait être justifiée si elle n'est destinée qu'à l'Hydro-Ontario. Mais nous ne versons pas de subvention à l'Hydro-Ontario. Cette compagnie n'en retirera rien qu'elle ne pourrait obtenir de centrales chauffées au charbon. En investissant des capitaux dans des centrales chauffées au charbon, l'Hydro-Ontario et ses clients pourraient obtenir de l'énergie pour environ le même prix qu'elle va nous payer. Par conséquent, nous ne subventionnons pas du tout l'Hydro-Ontario. En outre, la compagnie va payer entre 8 et 10 millions de dollars pour le NPD et, à la dernière séance j'ai estimé à environ 2 millions le montant qu'elle va affecter au CANDU. J'ai fait erreur, car le montant se rapproche plutôt de 4 millions.

M. BEST: La formule actuelle a été établie de façon à arriver à ce résultat, n'est-ce pas?

M. GRAY: Oui, mais les modalités sont assez souples. Je regrette de ne pouvoir déposer le contrat avant qu'il soit signé.

Le PRÉSIDENT: Nous le comprenons, monsieur Gray.

M. GRAY: Il n'y a rien de nouveau à ce que le gouvernement subventionne une nouvelle industrie ou une nouvelle source d'énergie, afin qu'elle puisse profiter à l'Ontario et au reste du pays, et qu'il seconde l'industrie en matière de recherches et de perfectionnement. C'est ainsi que les choses se passent depuis toujours au Canada et il faut que cela continue. A vrai dire, il faudrait que cela continue à un rythme toujours croissant.

A l'alinéa 57, M. Boyd signale encore que le gouvernement:

—subventionner le coût de l'électricité des industries et des consommateurs du sud de l'Ontario.

Ce n'est pas ce qui se produit. Dans le sud de l'Ontario on pourrait obtenir la même énergie grâce à des centrales au charbon. Les consommateurs d'énergie de cette région doivent payer tout aussi cher. Par conséquent, ils ne reçoivent en réalité aucune subvention. J'ai parlé du charbon de la Nouvelle-Écosse. On me dit que ce charbon sera mis à l'essai cette année à la centrale R.L. Hearn; s'il donne de bons résultats, je suppose que ce sera désormais l'une des sources d'approvisionnement.

Le PRÉSIDENT: A Toronto, monsieur Gray?

M. GRAY: Oui, à Toronto.

M. DRYSDALE: J'aimerais faire préciser un point au sujet du coût de l'énergie houillère qui est de l'ordre de 5 millièmes. Quel coût prévoyez-vous pour l'énergie atomique?

M. GRAY: Ma meilleure réponse, c'est de dire, je pense, que d'après nos prévisions, le troisième CANDU est la centrale dont la production pourra rivaliser directement, au point de vue économique, avec l'énergie coûtant 5 millièmes.

M. DRYSDALE: Quand prévoyez-vous atteindre ce résultat?

M. GRAY: Peut-être en 1968. Cela dépend de l'Hydro-Ontario. Ce n'est pas nous qui allons construire la deuxième et la troisième centrales.

M. DRYSDALE: Je voulais avoir une idée, car on nous a laissé entendre que la première produirait de l'énergie à six ou sept millièmes.

M. GRAY: Si le NPD donne les excellents résultats que nous espérons tous, j'imagine que ce sera vers 1968.

Les propos de M. Boyd au sujet de la Commission de contrôle de l'énergie atomique et de l'aspect "sécurité" sont très trompeurs. Au paragraphe 59, il signale que cette Commission doit compter sur l'aide de l'A.E.C.L. Il est bien certain que la Commission de contrôle obtient de l'aide, mais elle compte plus sur d'autres organismes que sur l'A.E.C.L. Je pense que quatre des douze membres du Comité consultatif sur la sécurité du réacteur sont des employés de l'A.E.C.L. On me permettra de dire en passant qu'aucun d'entre eux ne s'occupe personnellement de la création des plans de l'un ou l'autre de ces réacteurs.

Pour en venir à cette question des facteurs de sécurité, il y aurait plusieurs points à relever. Au paragraphe 62, M. Boyd a déclaré:

Cependant, à l'occasion, certains compromis touchent la sécurité publique et dans ce cas il y a toujours un organisme régulateur indépendant qui doit y voir. Par exemple, on pourrait améliorer la rentabilité de l'exploitation des avions si on pouvait augmenter leur charge utile en—

—et j'insiste sur le passage que voici—

—apportant de faibles réductions aux éléments qui ont présidé à l'élaboration de leurs plans et à la sécurité de leur fonctionnement.

J'en ai parlé hier à un homme qui s'occupe activement de plans d'avions, aussi bien de plans de moteurs que de plans de cellules, et il m'a dit qu'avec un facteur de sécurité de quatre, aucun avion au monde ne pourrait décoller. A sa connaissance, aucun avion n'a un facteur de sécurité de trois. D'habitude, le facteur de sécurité est de deux, plus ou moins, et il descend même jusqu'à 1.2. D'après moi, d'après lui et d'après tout le monde, c'est très sûr. Ce qu'ils font, c'est qu'ils accordent une attention spéciale aux facteurs de sécurité. Ils doivent démontrer aux Commissions—aux commissions de l'aéronautique des divers pays—que leur facteur de sécurité est bon et que les matériaux utilisés

sont forts. Et pour démontrer ces points, ils procèdent à des expériences. Les matériaux sont soumis à des épreuves selon un régime de charge véritable. Ils prouvent aux gens à qui ils doivent le prouver que ces facteurs de sécurité, bien inférieurs à trois, sont de tout repos. Donc, cela ne sort pas de l'ordinaire. Nous ne sommes pas les seuls à viser, par exemple, à moins de quatre. J'ai appris aussi que même pour les enceintes étanches comme les bonbonnes de gaz, ils utilisent un facteur de sécurité de trois, parfois moins, pour une très bonne raison. Pour une construction assez simple—un cylindre dont le couvercle est soudé ou d'autres appareils sommaires—on peut faire des calculs précis, on peut faire des calculs de contrainte précis, et ainsi, on abaisse le facteur de sécurité.

Dans son code, la marine des États-Unis utilise un facteur de sécurité de trois pour les navires atomiques. La mention en est faite par le bureau des services techniques du Département du Commerce des États-Unis. Je n'ai pas le renvoi à leur document, mais j'ai ici un numéro de bibliothèque de l'AEA. C'est Q-1-U-503-PB-151987.

M. DRYSDALE: Si le facteur de trois était universel, est-ce que les chiffres auraient la même valeur dans chaque pays? Autrement dit, le facteur de quatre au Canada est-il la même chose que le facteur de quatre ailleurs?

M. GRAY: Si nous parlons de quelque chose comme cela, la valeur est la même partout.

M. DRYSDALE: Avez-vous des facteurs comparables pour le Royaume-Uni ou les États-Unis?

M. GRAY: Je n'ai pas d'autres chiffres comparables.

M. SLOGAN: Peut-on les obtenir?

M. GRAY: Oui, mais cela ne change rien au débat, je pense. Pour les enceintes étanches dont nous parlons—comme dans le cas de la crique—on peut, je le répète, faire des calculs précis. Nous procédons à de nombreuses épreuves contre l'éclatement et pour le NPD, nous avons fait des épreuves relatives à la limite élastique et des épreuves de résistance à la rupture. Nous connaissons l'antiréactivité exacte de tous les matériaux utilisés. Deux ou trois facteurs qui entrent en jeu s'écartent de la normale. Tout d'abord, tout simplement le plan. Deuxièmement, une inspection très serrée et des normes de tolérance très strictes; et troisièmement, chaque partie fait l'objet d'une épreuve.

M. DRYSDALE: Il me semble qu'il serait utile de savoir quelles sont les normes observées par d'autres pays à cet égard.

M. GRAY: Si je dois déposer ce renseignement, j'aimerais poser une question. Il y a de nombreuses tensions à vérifier, celles des tubes, de la crique, des enceintes à pression, de la charpente de l'édifice, et nous avons parlé du graphite.

M. DRYSDALE: Ils utilisent un facteur de sécurité de quatre dans les tubes à pression, quand il n'y a pas d'autre situation analogue.

M. GRAY: Nous verrons quels renseignements nous pouvons vous procurer.

M. DRYSDALE: Je ne suis pas un homme de science; vous seriez mieux en mesure d'en juger.

M. STEARNS: Vos enceintes étanches sont-elles assurées, vu que vous êtes une compagnie de la Couronne?

M. GRAY: En fait, à l'heure actuelle, nous assurons nos enceintes étanches quoique nous ne soyons pas tenus de le faire. Et si nous le faisons, c'est pour obtenir l'inspection de la chaudière.

M. STEARNS: Les inspections de la chaudière qui se font déjà ne sont-elles pas utiles?

M. GRAY: Je pense qu'on ne pourrait inspecter les tubes à l'intérieur du réacteur. L'inspecteur ne peut entrer pour les inspecter.

M. STEARNS: S'ils les assurent, je voudrais savoir s'ils leur appliquent un facteur de sécurité.

M. BEST: A titre de renseignement, qui les assure?

M. GRAY: Je regrette. Je n'ai pas ce renseignement ici.

M. BEST: Pourriez-vous nous le fournir plus tard?

M. GRAY: Y a-t-il une société d'inspection de chaudières?

M. McILRAITH: Oui.

M. GRAY: Je crois que c'est cette société d'inspection. Sinon, je vous donnerai le renseignement à la prochaine séance.

M. STEARNS: Dans ce cas, avant d'assurer, ils se doivent de connaître ce détail. Ils peuvent vous dire si un facteur de sécurité de trois ou de un est assurable ou bien s'ils ont le facteur de sécurité idéal.

M. GRAY: Pour aller un peu plus loin, il a été question d'un organisme régulateur indépendant. Si vous le désirez, je pourrais déposer l'autorisation obtenue de la Direction de l'inspection des chaudières, du ministère du Travail, à Toronto. C'est pour le NPD. Je pourrais en donner lecture si c'est ce que vous voulez, mais c'est un document considérable.

M. NUGENT: Est-il nécessaire qu'il entre dans tous ces détails sur la sécurité par rapport aux autres centrales nucléaires?

Le PRÉSIDENT: Monsieur Nugent, je pense que la question est pertinente et je suis certain que M. Gray saura donner la réponse.

M. NUGENT: On nous a déjà dit qu'en Angleterre, ces organismes ont la responsabilité de s'assurer que le facteur de sécurité est pris en considération, et que les épreuves ont été faites sous la surveillance de la Direction de l'inspection des chaudières. Certains membres du comité ont peut-être encore des doutes, mais pour ma part, je pense que le facteur de sécurité est amplement démontré et je ne vois pas pourquoi nous attarder sur cette question.

Le PRÉSIDENT: Je pense que M. Gray a raison d'insister sur le facteur de sécurité parce que c'est un aspect de la question qu'un témoin entendu aujourd'hui et auparavant a critiqué.

M. GRAY: Je viens de remettre au secrétaire une copie du texte soumis par la *Canadian General Electric Company* et approuvé par le ministère du Travail de l'Ontario.

Le PRÉSIDENT: Voulez-vous que ce texte soit inséré dans le compte rendu des délibérations?

M. GRAY: Je pense que c'est matériellement impossible.

Le PRÉSIDENT: Serait-il satisfaisant que la copie en soit remise au secrétaire?

M. McILRAITH: Veut-on que le document soit déposé? Je me demande si c'est nécessaire.

Le PRÉSIDENT: M. Drysdale l'a demandé.

M. DRYSDALE: Je suis certain que s'il n'est pas déposé, M. Boyd va se trouver une raison pour demander s'il existe.

M. GRAY: Je tiens à signaler que même si nous, de l'A.E.C.L. et la *Canadian General Electric Company*, avons obtenu l'autorisation du ministère du Travail pour toutes les contraintes que nous utilisons, nous estimons que c'est

notre responsabilité et que nous sommes en fait responsables de la sécurité de ce réacteur. C'est très bien d'obtenir l'approbation du Comité de la sécurité du réacteur, celle du ministère du Travail ou de qui vous voudrez, mais si quelque chose fait défaut, nous sommes responsables. Je puis souligner aussi que pour ce qui est de l'antiréactivité du zirconium, nos ingénieurs sont loin d'aller aussi loin que le voudraient nos métallurgistes. Donc, à notre avis, nous adoptons une attitude très sûre et nous ne manquons pas de preuves à l'appui de cette attitude.

Le PRÉSIDENT: Comme l'a dit M. Stearns, monsieur Gray, les assureurs n'accepteraient pas le chiffre que vous leur soumettez à moins qu'il ne réponde à leurs exigences.

M. GRAY: Je ne suis pas certain que l'assurance s'applique aux tubes et aux tubes à pression. De plus, j'ai ici une demande envoyée au ministère du Travail par notre division de la centrale nucléaire pour obtenir une approbation relative à l'antiréactivité des tubes de refroidissement du CANDU; si le comité le veut bien, je puis déposer ce document.

Le PRÉSIDENT: Cela plaît-il au Comité? Le document sera remis au secrétaire.

M. BEST: Pourriez-vous nous dire quels seront, à une date ultérieure donnée, le montant et les taux de l'assurance?

M. GRAY: Pour les enceintes étanches?

M. BEST: Vous avez dit que cela ne vise peut-être pas seulement les enceintes étanches, mais plutôt l'ensemble du réacteur.

M. GRAY: A l'A.E.C.L., nous n'avons presque pas d'assurances et à l'heure actuelle, nous nous demandons si nous devons annuler l'assurance sur les enceintes étanches. Nous avons une responsabilité à l'égard de tiers pour notre parc d'autobus et notre centrale ainsi qu'une assurance sur la chaudière. Et le principal motif de cette assurance sur la chaudière, c'est que nous voulons obtenir son inspection. Il semble que nous pourrions obtenir du ministère du Travail le genre d'inspection que nous voulons. Si c'est le cas, nous annulerons probablement l'assurance sur la chaudière car nous croyons que ce ministère est tout à fait en mesure de faire ce genre d'inspection. Il ne s'agit pas pour nous d'une dépense considérable.

M. BEST: Figure-t-elle dans votre comptabilité sous une rubrique distincte?

M. GRAY: Pas l'assurance, non. Toutefois, nous serons heureux de vous donner le nom de l'assureur et le montant. Le CANDU est quelque peu différent du NPD en ce sens que nous n'avons pas le plan définitif du tube à pression d'un réacteur CANDU. Cette lettre constitue une demande en vue d'utiliser certaines contraintes dans un plan. Nous avons expliqué brièvement comment ce sera construit, mais nous n'avons pas de plan. Nous avons dit que dès que le plan sera terminé, nous vous le soumettrons pour vous permettre de constater que les contraintes sont conformes au plan. Il s'agit ici d'une courbe montrant quelles contraintes nous pouvons utiliser dans notre plan. Le ministère du Travail a donné son approbation.

A la page treize, paragraphe 63, M. Boyd expose une idée et la souligne:

Dans le cas des centrales NPD-2 et CANDU il existe entre la sécurité et la rentabilité du fonctionnement un conflit direct qui n'existe pas dans le cas de centrales d'un autre type.

Dans la fabrication de n'importe quel appareil, on peut prévoir une sécurité telle qu'il ne fonctionnera pas.

M. MCILRAITH: Même un bateau.

M. GRAY: Oui. MM. Lewis et Laurence en ont parlé, je pense. Il existe d'autres réacteurs à enceintes étanches dans le monde. On peut fabriquer des

enceintes si énormes qu'il serait quasi impossible qu'elles fendent. Mais personne ne le fait et je pense qu'on trouve presque toujours une solution de moyen terme entre sécurité et économie.

Dans le paragraphe 65, M. Boyd signale:

Nous ingénieurs et scientifiques, avons tendance tout à fait involontairement, même si nous pratiquons notre art avec toute l'honnêteté intellectuelle désirable, à nous laisser conduire par les sentiments devant nos oeuvres et à aller jusqu'à ne pas en constater les lacunes.

Nous sommes en partie d'accord avec M. Boyd sur ce point. Si l'un d'entre vous était homme de science nucléaire, je pense qu'il examinerait le réacteur au gaz de M. Boyd lui-même. Vous y verriez certains points faibles. Nous ne sommes pas ici pour critiquer son modèle de réacteur, mais du point de vue de la sécurité, il y aurait des points intéressants à considérer. Ils imposeraient toute une tâche à n'importe quel comité de sécurité.

M. BEST: Le modèle de M. Boyd?

M. GRAY: Un modèle semblable au sien. Personne n'examine ses plans, mais je ne sais pas. Aux États-Unis, un réacteur au gaz à haute température est proposé et on n'a pas encore réussi à faire approuver les plans par le comité américain de la sécurité des réacteurs. Il y a une centrale de la *General Atomics* qu'on se propose de construire à Peach-Bottom. Je suis à peu près certain qu'elle sera approuvée, mais des difficultés se posent présentement au chapitre de la sécurité.

M. SLOGAN: M. Boyd pourrait-il nous dire s'il s'agit du réacteur qu'il a vendu aux États-Unis. Est-ce votre modèle?

M. BOYD: Celui de Peach-Bottom? Non, ce n'est pas le mien.

M. GRAY: A la page 14, paragraphe 68, M. Boyd écrit:

Quelles règles doit-on établir pour assurer que les plans dressés permettent une sécurité suffisante? Et ainsi de suite, tout le long de cet alinéa où il parle de la sécurité des usines. Il existe des normes. Elles sont établies par la Commission de contrôle de l'énergie atomique et couvrent les dangers pour la santé publique. Elles sont définies par les ministères fédéral et provinciaux de la Santé. Ce sont des règles générales. Il faudrait peut-être les reviser mais il est tout à fait inexact de dire qu'elles n'existent pas.

Et de nouveau, dans le paragraphe 70, il parle de ses amis de Chalk-River et dit combien il aimerait les voir "libres de... qu'ils n'aient pas à s'occuper de dresser les plans des centrales d'énergie nucléaire afin qu'en outre de leurs travaux de recherche... et ainsi de suite. La plupart des employés de Chalk-River n'ont pas le fardeau des problèmes que pose la préparation des plans de centrales atomiques. Ce travail est le lot de la *Canadian General Electric Company* et de notre division des centrales atomiques de Toronto qui reçoivent beaucoup d'aide de l'Hydro-Ontario. Les hommes de science, techniciens et ingénieurs de Chalk-River, revisent des plans et donnent des conseils, mais ils n'ont pas la responsabilité de préparer les plans de centrales atomiques. Ils sont responsables de certains travaux de recherche et de perfectionnement sur la mise au point du combustible et nous sommes tout à fait d'accord avec M. Boyd pour dire qu'il ne faudrait pas surcharger nos savants avec les problèmes de construction et de préparation des plans de centrales atomiques, si c'est là ce qu'il veut dire, ce dont je ne suis pas certain.

A la page 15, paragraphe 77, il parle d'un monopole—

afin de nous assurer que prenne fin le dangereux monopole de l'AECL qui fait porter tous ses efforts sur un seul secteur du domaine de l'énergie nucléaire.

«Je pense que la *Canadian General Electric Company* n'approuverait pas cette expression. Par l'entremise de l'A.E.C.L., elle construit le réacteur NPD ralenti et refroidi à l'eau lourde. Nous travaillons de concert avec tout service d'utilité publique, tout fabricant ou ingénieur-conseil qui veut collaborer avec nous. Nous les avons invités publiquement, privément et par tous les moyens à notre disposition.

M. McILRATH: Et depuis nombre d'années.

M. BEST: Ce passage du mémoire de M. Boyd m'inquiète. Diriez-vous que dans les limites du monopole—ce n'est peut-être pas le mot juste—cela s'applique un peu plus, à l'heure actuelle, au Canada qu'à la Grande-Bretagne ou aux États-Unis à cause de l'importance du pays?

M. GRAY: Si je le dirais? Je n'en suis pas certain. Si vous voulez dire qu'aucune industrie ni aucune Société d'ingénieurs-conseils n'est prête à risquer de l'argent, et que, par conséquent, le gouvernement fédéral, qui dépense l'argent nécessaire détient pour le moment, un monopole sur la recherche et la mise au point, je suis d'accord. La *Canadian General Electric Company* a proposé d'elle-même le réacteur à refroidisseur organique et à ralentisseur à eau lourde. Ce projet lui est propre. Nous l'appuyons en souscrivant quelques millions de dollars pour la recherche et la mise au point. Je ne pense pas qu'il y ait ici un véritable monopole.

M. BEST: Vu que notre pays est moins important, ne pensez-vous pas que toutes proportions gardées, il nous a fallu une aide de l'État plus considérable qu'aux États-Unis et en Angleterre?

M. GRAY: Je ne suis pas certain que même proportionnellement, nous ayons besoin de plus d'aide qu'aux États-Unis. Vous avez raison, je pense, dans le cas de l'Angleterre, parce que dans ce pays, on avait un besoin immédiat d'énergie et un réseau déjà tout aménagé. Aux États-Unis, vous constaterez probablement qu'il y a une plus forte proportion d'assistance qu'au Canada.

M. DRYSDALE: Le réacteur à refroidisseur organique est-il surtout conçu en fonction de Whiteshell?

M. GRAY: Il n'est pas conçu en fonction de Whiteshell. Il est construit, il sera construit à Whiteshell mais il est conçu en fonction de ce que la *Canadian General Electric* croit être un réacteur économique. Nous le construirons à Whiteshell parce que nous estimons qu'il ne faudrait plus ajouter de nouvelles installations considérables à Chalk-River où nous avons presque atteint le point de saturation. En fait, c'est l'OCRDE qui est le type expérimental de ce réacteur.

M. DRYSDALE: C'est une étude de mise au point conjointe. Quelle est la participation de l'A.E.C.L. et celle de la *Canadian General Electric*?

M. GRAY: La *Canadian General Electric* y a affecté un peu de fonds au début. Ses premiers travaux lui ont coûté un quart de million de dollars, je pense, et depuis, nous assumons tous les frais.

M. DRYSDALE: Quel est le coût total?

M. GRAY: Sauf erreur, les travaux ont coûté un million et quart l'année dernière—il serait peut-être plus prudent que je fasse confirmer ces chiffres—et peut-être deux millions cette année.

M. DRYSDALE: La *Canadian General Electric* est-elle la seule société à faire de la recherche active?

M. GRAY: Non, nombre de sociétés font des travaux de recherche et de mise au point. C'est un point que je voulais aborder plus tard. Je semble m'écartier toujours de mon sujet.

M. DRYSDALE: J'ai pensé que je gagnerais du temps en posant ma question tout de suite.

M. GRAY: Pour la prochaine année, l'A.E.C.L. dépensera un peu moins de huit millions pour la recherche et la mise au point dans l'industrie canadienne et bon nombre de sociétés participeront à ce programme — la *Canadian General Electric*, la *Canadian Westinghouse*, l'*Orenda*, l'*Atlas Titanium*, la *Montreal Locomotive*, l'*A.M.F. Atomics of Canada*, et ainsi de suite.

M. DRYSDALE: Serait-il possible d'obtenir une liste des sociétés, ainsi que la répartition de ce montant de huit millions pour des fins générales? Cette liste pourrait constituer un appendice.

M. STEARNS: Est-ce que la société DuPont du Canada a pris part à ces travaux?

M. GRAY: Non, nous n'avons aucun travail en cours à la société DuPont du Canada.

M. SLOGAN: L'*Atomic Energy of Canada* dépense plusieurs fois plus que la *Canadian General Electric*. Est-ce que cette dernière détient un brevet d'invention sur le modèle.

M. GRAY: Non, le gouvernement jouira des pleins droits sur tous les brevets pour lesquels il dépense des fonds.

En parlant de «monopole», au paragraphe 78 — je crois que M. Lewis a bien couvert cet aspect de la question — M. Boyd semble prétendre que nous n'envisageons pas d'autres solutions. La même idée revient constamment dans les deux ou trois pages suivantes. Je repousse carrément l'affirmation contenue dans le paragraphe 92 où il est dit que nous ne choisissons pas nos centrales nucléaires selon

Dans le paragraphe 93, M. Boyd déclare que l'usine de production d'eau lourde du monde libre se trouve aux États-Unis.

C'est inexact. Il y en a une en Norvège qui fonctionne depuis longtemps, une autre en Allemagne, une en Inde qui, à ce qu'on nous dit, produira 75 tonnes par année dès l'an prochain, et il y aura une grande usine en Égypte.

Dans le paragraphe 93, il dit:

Si les ingénieurs des États-Unis étaient du même avis que nos savants de Chalk River en ce qui concerne l'estimation des possibilités du réacteur à l'eau lourde, les États-Unis affecteraient de grosses sommes pour aménager rapidement un réacteur de ce genre.

Je suis allé à Washington lundi et j'ai parlé à M. Pitman, directeur de la mise au point des réacteurs de la Commission de l'énergie atomique des États-Unis; c'est justement ce qu'ils ont l'intention de faire. Il existe une compagnie, la DuPont des États-Unis, que la plupart des gens considèrent comme la plus conservatrice, peut-être, au monde, surtout au chapitre des perfectionnements techniques. Cette compagnie vient de publier un rapport et j'aimerais vous en lire les conclusions. J'en ai des exemplaires ici.

M. DRYSDALE: Voulez-vous nous dire en quoi consiste ce rapport?

M. GRAY: Oui, c'est un extrait du rapport DP-570 — technologie du réacteur — rapport de la Commission de l'énergie atomique sur la recherche et la mise au point.

1. Les réacteurs de base à eau lourde semblent capables d'atteindre les objectifs fixés par la Commission de l'énergie atomique, soit énergie à bon marché et indépendance vis-à-vis des sources d'uranium enrichi. Ces réacteurs à eau lourde sont promis à un avenir économique favorable surtout parce qu'ils peuvent brûler des éléments d'uranium naturel qui se fabriquent à peu de frais. On est en train de mettre au point de tels combustibles.

2. Le potentiel économique des réacteurs à eau lourde semble aussi bon, sinon meilleur que celui d'autres centrales atomiques. Dans certaines circonstances, les réacteurs D2O peuvent même rivaliser avec des centrales modernes de mêmes dimensions brûlant des combustibles fossiles.
3. Il se peut que l'énergie produite par les réacteurs à eau lourde permette d'affronter la concurrence sans qu'il soit nécessaire de prévoir les moindres frais annuels à l'égard des investissements nucléaires non amortissables ni les moindres crédits pour les récupérations d'uranium et de plutonium.
4. Les travaux de mise au point sont assez avancés pour assurer la possibilité technique de réaliser un réacteur ralenti à l'eau lourde.
5. Plusieurs autres considérations favorisent l'aménagement sans retard du réacteur à eau lourde. Parmi ces considérations, on peut mentionner l'accessibilité de l'uranium naturel, l'utilisation économique des neutrons et la possibilité de recourir à l'uranium enrichi lorsque c'est plus économique.

Voilà, messieurs, un rapport; et à la dernière page, on cite 27 sources de documentation. Une seule de ces références a trait aux travaux de l'A.E.C.L. et elle vient de MM. Mooradian et Robertson sur le coût du combustible du CANDU. Tout le reste n'a rien à voir l'A.E.C.L. et pourtant, on dirait que c'est nous qui avons rédigé le rapport.

J'aimerais lire une autre citation. L'autre jour, M. Boyd a cité assez souvent le *Nucleonics*, mais il a oublié de lire un des éditoriaux. Il s'agit d'une publication américaine que je considère comme l'une des meilleures, sinon la meilleure publication technique dans le domaine nucléaire. On trouve probablement des publications d'égale valeur en Angleterre.

Le PRÉSIDENT: De quelle livraison s'agit-il, monsieur Gray?

M. GRAY: Octobre 1960. Je m'excuse: la *Maclean-Hunter Company* sortira bientôt au Canada une nouvelle publication intitulée *Canadian Nuclear Technology*.

M. BEST: Une publication trimestrielle ou mensuelle?

M. GRAY: Trimestrielle. Lorsque cette publication paraîtra, je pense que *Modern Power and Engineering* traitera probablement des problèmes ordinaires relatifs à l'énergie. Voici l'éditorial:

Le programme canadien de l'énergie atomique a une importance qui dépasse les frontières du Canada. Les ingénieurs et hommes de science nucléaires américains qui se sont rendus à Chalk-River pour tirer parti des superbes possibilités des réacteurs expérimentaux NRX et NRU reconnaissent cette importance sans ambages. Les savants indiens qui, avec la collaboration de leurs collègues canadiens, viennent de franchir l'étape critique dans la mise au point du réacteur canado-indien, un NRX amélioré construit près de Bombay en collaboration par les deux pays, reconnaissent certainement eux aussi cette importance.

Pourquoi le programme canadien suscite-t-il autant de considération et retient-il autant l'attention? Pour commencer, le Canada donne le ton au monde entier en explorant l'idée d'un réacteur utilisant l'uranium naturel comme combustible et l'eau lourde comme ralentisseur. Ce type de réacteur s'intègre à merveille dans l'économie nucléaire du Canada qui dispose de vastes ressources d'uranium mais n'a pas les installations nécessaires pour produire de l'uranium enrichi. Il peut s'intégrer tout aussi bien dans l'économie de tout pays qui ne veut pas dépendre des importations d'uranium enrichi.

La technique canadienne est de haute qualité et c'est absolument nécessaire aux réacteurs à eau lourde et à faible consommation de neutrons. Pour les Canadiens, chaque neutron doit compter; toute baisse fractionnaire de réactivité est soigneusement analysée. Il n'est pas question d'augmenter l'enrichissement du combustible utilisé; les Canadiens doivent s'en tenir au 0.715 p. cent d' $U^{235}$  dans l'uranium naturel. On mise bien plus sur les épreuves et bien moins sur les facteurs d'approximation lorsque chaque millième d'épaisseur ajouté aux tubes de pression dans un réacteur est analysé en fonction des répercussions qu'il aura sur le coût de l'énergie. Les Canadiens ont innové aussi en favorisant une solution plus quantitative aux problèmes de sécurité (voir p. 73) et ils n'ont pas considéré les vaisseaux de confinement comme sacrés.

Sous le rapport de l'organisation, nous avons aussi quelque chose à apprendre des Canadiens. C'est peut-être plus facile dans un programme restreint et unidirectionnel, mais il est frappant de constater comme l'atmosphère est moins tendue dans les établissements atomiques canadiens, tant dans ceux de l'industrie que dans ceux du gouvernement.

Le programme conjoint canado-américain de mise au point de réacteurs à eau lourde a confirmé une fois de plus la compétence des Canadiens. En plus d'un généreux échange mutuel de personnel et de renseignements, les États-Unis ont affecté une somme de 5 millions à un programme de recherche et de mise au point qui «doit porter précisément sur les réacteurs utilisant l'eau lourde comme ralentisseur et qui doivent être construits au Canada».

Nous jugeons que les travaux canadiens sont importants. C'est pourquoi nous avons consacré la présente livraison de *Nucleonics* aux travaux nucléaires du Canada. Nous espérons que vous partagerez notre conviction et que vous trouverez autant de profit à lire les points de vue canadiens que nous en avons trouvé à vous les présenter.

Cet article est un éditorial de *Nucleonics*.

M. Boyd, à la page 19, paragraphe 95...

M. DRYSDALE: Connaissez-vous les noms des rédacteurs?

M. GRAY: Nous avons ici plusieurs exemplaires de cette publication.

M. LEWIS: MM. Jérôme D. Luntz et Daniel Cooper.

M. GRAY: Dans le paragraphe 95, M. Boyd écrit:

Même si la plus part des autres pays ont mis de côté le réacteur à l'eau lourde ou l'ont abandonné entièrement, sauf un, il ne s'en suit pas nécessairement que ce dernier pays soit dans l'erreur.

—je devrais peut-être lui rappeler que la France vient d'entreprendre la construction d'un nouveau réacteur à eau lourde. Les plans et la construction sont commencés. D'après nos renseignements, la Russie en construit un en collaboration avec la Tchécoslovaquie. Les Suédois en ont un ou deux qui fonctionnent depuis quelque temps. La Norvège a le réacteur à eau lourde Halden, l'Allemagne a un réacteur de recherche à eau lourde et elle construit un, sinon deux réacteurs industriels; les États-Unis en ont plusieurs; le Royaume-Uni les étudie; le Japon a deux réacteurs à eau lourde et il étudie les plans d'une génératrice nucléaire à eau lourde. Il me semble que c'est loin d'être «un seul pays».

M. STEARNS: Et l'Inde?

M. GRAY: L'Inde n'a pas encore une génératrice nucléaire à eau lourde mais c'est une question qui l'intéresse et elle a déjà un réacteur expérimental à eau lourde.

M. NUGENT: Peut-être M. Boyd voulait-il nous dire...

Le PRÉSIDENT: Nous pourrions peut-être laisser finir M. Gray. On l'a interrompu plusieurs fois.

M. GRAY: Je ne saisis pas l'importance de toute cette question des dépenses d'établissement d'une usine de production d'eau lourde à laquelle M. Boyd a consacré tant de temps aujourd'hui. Des immobilisations de quelques centaines de millions de dollars pour l'aménagement d'usines produisant de l'eau lourde créent de l'emploi pour des gens qui travaillent à la fabrication d'un produit que l'on peut vendre aux constructeurs de réacteurs. Le coût de l'eau lourde est entièrement prévu dans le coût des réacteurs. Il n'y a rien de nouveau dans la construction d'aménagements de production s'ils ont un rendement économique.

Il me semble que des producteurs d'énergie comme M. John Davis et les autres auraient dû être enchantés de voir cette possibilité de créer un emploi pour certaines de nos très, bonnes ressources énergiques au Canada. Ce n'est pas une erreur de construire des aménagements durables qui produisent des revenus. On peut se servir à cette fin de capitaux canadiens et l'eau lourde sera payée, selon des prix à établir, par les consommateurs d'énergie.

M. BEST: Je pense aux chiffres que M. Boyd nous a cités aujourd'hui après les observations de M. Lewis. Est-ce que vous êtes en désaccord avec M. Boyd au sujet de ces chiffres, monsieur Gray?

M. GRAY: Je n'ai pas pu le suivre. Je pense que M. Lewis parlera plus tard.

M. BEST: Il me semble qu'ils partent d'une base différente. M. Lewis fondait peut-être ses chiffres sur 7 ou 8 p. 100 du potentiel électrique total tandis que M. Boyd, je pense, parlait de potentiel nucléaire.

M. GRAY: Je pense que M. Lewis sait exactement de quoi il a parlé. De toute façon, je crois que cette question peut attendre. Pour ma part, je ne la trouve pas importante.

M. BEST: J'aimerais, moi, qu'elle soit précisée.

M. GRAY: Je pense que M. Lewis pourra la préciser. Peut-être me serait-il permis de terminer mon exposé d'abord.

Et de nouveau, dans le paragraphe 99, M. Boyd déclare:

J'en doute fort, étant donné que je n'ai pas pu trouver aucune prévision de frais établie par d'autres personnes, qui soient analogues à celles de mes amis de Chalk River.

Le rapport DuPont appuie clairement les nôtres. Cette société favorise un réacteur différent, mais non dissemblable. Nous avons fait vérifier nos estimations par les Britanniques et par l'Euratom et personne n'y a décelé d'erreur grave. Nous sommes bien certains que nos estimations sont raisonnables. Soit dit en passant, ces estimations ne sont pas préparées par «ses amis de Chalk River», mais bien par des ingénieurs de Toronto, y compris les services techniques de l'Hydro-Ontario. Ces estimations ne sont pas faites à Chalk-River. Ce sont celles de l'A.E.C.L. C'est peut-être ce qu'il a voulu dire. Nous ne pensons pas que ces prévisions soient trop optimistes. S'il veut bien lire le rapport DuPont, il verra, je pense, que d'autres sont de notre avis.

Quant à ses recommandations visant l'avenir immédiat, au paragraphe 102, je suis d'accord avec la première. Tout le monde semble s'accorder pour dire que nous devons poursuivre la construction du NPD aussi rapidement que possible et le faire fonctionner. En fait, cela ne dépend pas de l'A.E.C.L. Nous faisons tout ce qu'il est humainement possible de faire pour hâter la fin des travaux. C'est l'industrie privée qui a l'affaire en mains.

Pour ce qui est de la recommandation no 2, nous admettons sans peine que nous devons poursuivre nos travaux techniques sur le CANDU. Nous avons

l'intention de continuer et même de les pousser un peu plus loin que le recommande M. Boyd. Nous allons poursuivre la construction du CANDU.

Quant à la recommandation no 3, nous reconnaissons sans hésiter qu'il faut poursuivre nos travaux sur les réacteurs à refroidisseur organique. Nous avons une solide équipe — pas nous, mais bien la *Canadian General Electric* — affectée à ces travaux à l'heure actuelle. Ni eux, ni nous n'oserions songer à entreprendre maintenant la construction d'une centrale de 200 mégawatts. La mise au point n'est pas assez avancée. La C.G.E. s'en rend bien compte et nous n'irions certainement pas faire une telle recommandation au gouvernement. Toutefois, nous consacrons de fortes sommes d'argent et beaucoup de temps à cette étude. Et il est probable que nous construirons un réacteur expérimental.

C'est seulement sur la recommandation no 4 que nous semblons vraiment différer d'opinion; en fait, elle dépend de la mesure des dépenses gouvernementales. Si le gouvernement veut vraiment dépenser 10, 20 ou 30 millions de plus par année, ce genre de réacteur à haute température et à réfrigérant gazeux serait certes l'un des réacteurs que nous étudierions, ou que le gouvernement étudierait. J'hésite à préconiser des travaux sur ce type de réacteur. Il a une valeur indéniable et semble promis à un avenir brillant, mais il existe d'autres réacteurs. Je me demande s'il ne faudrait pas aborder l'étude d'une pile génératrice à neutrons rapides. On nous blâme parfois de ne pas le faire. Si le gouvernement désire consacrer une somme importante à l'énergie nucléaire, en plus de ce que nous ou le gouvernement dépensons déjà, ce serait certainement l'un des systèmes dont il faudrait entreprendre l'étude. Je vous préviens cependant que cela coûte cher. Il faut de l'argent, des dizaines de millions de dollars pour mettre au point un modèle de réacteur atomique à partir duquel on pourrait construire une génératrice, mettons, dans dix ans. Et alors, vos dépenses atteindront la centaine de millions. Je ne dis pas que ce ne serait pas un bon placement, mais des sommes de cet ordre donnent à réfléchir.

Dans le paragraphe 103, M. Boyd affirme que les études et les travaux de mise au point devraient se faire sous l'égide de la Commission de contrôle de l'énergie atomique et non de l'A.E.C.L. Je suppose qu'il dit cela parce qu'il ne s'entend pas trop bien avec nous ou parce qu'il pense que nous n'avons pas la compétence voulue pour nous en occuper. Notre travail se résume à la mise en oeuvre des programmes du gouvernement et c'est tout ce que la Commission de contrôle de l'énergie atomique pourrait faire. Elle n'a pas le personnel nécessaire pour s'acquitter de tout ce travail. Elle devrait engager un personnel. Je crois qu'elle compte en tout onze employés dont six ou sept peut-être sont du sexe féminin. Les hommes de profession sont au nombre de quatre environ. C'est peut-être la bonne façon d'exécuter des contrats avec l'industrie, mais je ne le crois pas, pas quand on dépense des dizaines et des centaines de millions de dollars. On doit alors compter sur les services d'un personnel technique considérable bien au fait de ce qui se passe.

De toute façon, ainsi que je l'ai dit tantôt, l'A.E.C.L. versera à l'industrie quelque chose comme 8 millions de dollars pour la recherche et la mise au point au cours de la prochaine année. L'année dernière, c'est-à-dire pour l'année financière, c'était un peu moins, soit environ 5 millions.

Dans le paragraphe 104, M. Boyd se lance dans les recommandations à long terme. Il dit que nous devrions élaborer des plans qui comprendraient l'abolition de l'A.E.C.L. qui n'aurait plus besoin de ses nombreux employés affectés à la conception et à la mise au point des génératrices nucléaires.

Nous sommes d'accord et nous l'avons déclaré publiquement. Nous prévoyons que nous ne pourrions démembrer l'équipe affectée à la création du CANDU vers 1965 ou à peu près. Je ne saurais dire au juste, car tout dépend si les travaux seront complétés ou non. Ce n'est pas notre fonction de préparer les plans de centrales nucléaires et de les construire.

Puis, à la fin du même paragraphe, il déclare:

travaux futurs de génie et de mise au point soient effectués entièrement par l'industrie privée et par les sociétés privées d'ingénieurs en vertu des règlements de la CCEA ou que là où cela s'impose, la CCEA accorde des contrats aux sociétés privées comme cela se fait aux États-Unis.

Nous serions très heureux de voir des entreprises industrielles privées exécuter ces travaux elles-mêmes, moyennant certaine réglementation, si c'est ce qu'il veut dire. L'A.E.C.L. fait tout ce qu'elle peut pour amener des sociétés privées de technogénie à s'occuper de ces travaux. Si c'est de l'argent qu'il leur faut, comme le laisse entendre la dernière partie de la phrase, nous croyons être mieux en mesure de leur en fournir que la Commission de contrôle. Si c'est ce que le gouvernement demande, nous n'avons aucune objection à ce que la Commission de contrôle s'en charge.

Parlant ensuite de l'enrichissement, dans le paragraphe 106 et dans les paragraphes suivants—il est revenu là-dessus aujourd'hui—je pense qu'il passe complètement à côté de la question. Je crois qu'il abuse de la bonne volonté des membres de votre comité pour les embrouiller. Nous construisons un réacteur utilisant l'uranium naturel comme combustible. Cela ne fait absolument aucun doute. Le monde entier reconnaît qu'il s'agit d'un réacteur à l'uranium naturel. Le combustible utilisé pour produire de l'énergie est l'uranium naturel seulement.

Les plans des barres d'appoint ne sont pas encore conçus. Je ne suis donc pas en mesure d'affirmer si nous allons les acheter des États-Unis ou les fabriquer au Canada. Il y a huit barres d'appoint réparties en deux batteries de quatre chacune qui servent à certaines manoeuvres du réacteur. Elles servent de contrepoison positif lorsque le réacteur démarre de nouveau après un arrêt. C'est leur unique fonction. Ainsi que M. Lewis l'a déclaré hier, elles sont refroidies par un circuit distinct et la chaleur ainsi dégagée n'entre absolument pas dans la production de la génératrice. D'une part, il y a 8 barres de ce type, et d'autre part, 3,672 barres de combustible d'uranium naturel dont chacune pèse environ dix fois autant, ce qui donne un rapport de l'ordre de 37,000 à 8. C'est l'uranium naturel qui sert durant le fonctionnement du réacteur. Je ne vois pas pourquoi il soulève cette question et affirme que nous induisons les gens en erreur et que nous avons en fait un réacteur à l'uranium enrichi. C'est absolument inexact.

M. BEST: Cette affirmation se divise en deux parties. Est-ce que vous désavouez le passage du mémoire de M. Boyd où il dit qu'en fait «ils ont besoin de certaines quantités d'uranium enrichi pour leur exploitation»? Est-ce que vous désavouez ce passage?

M. GRAY: Oui, certainement. Nous pourrions nous y prendre autrement, mais c'est le procédé le plus économique.

M. BEST: Seriez-vous d'accord avec la déclaration contenue dans le paragraphe 107 où il est dit qu'il y aurait des avantages économiques à utiliser de l'uranium enrichi?

M. LEWIS: Non, nous ne sommes pas d'accord. Le rapport 557, maintenant désuet, de l'A.E.C.L. en parlait comme d'une possibilité.

M. GRAY: Seulement pour vous donner une idée de la consommation annuelle, les barres d'appoint durent aussi longtemps que le réacteur lui-même, tandis que par la combustion, le réacteur absorbe et rejette continuellement du combustible. Nous brûlons 0.024 kilogrammes d'uranium 235 par année dans les barres d'appoint pour stimuler les démarrages, comparativement à 143 kilogrammes d'uranium 235 en combustible d'uranium naturel. L'écart est encore plus considérable car le réacteur brûle du plutonium, mais la proportion

est de plus de 6,000 à 1. Il s'agit bien d'un réacteur à l'uranium naturel. N'importe quel spécialiste au monde vous dira qu'il s'agit bel et bien d'un réacteur à l'uranium naturel.

M. AIKEN: Puis-je demander à M. Gray d'éclaircir une affaire que je ne comprends pas bien? Il s'agit d'un passage du rapport DuPont, la conclusion no 5. Voici cette conclusion:

Plusieurs autres considérations favorisent l'aménagement sans retard du réacteur à eau lourde. Parmi ces considérations, on peut mentionner l'accessibilité de l'uranium naturel, l'utilisation économique des neutrons et la possibilité de recourir à l'uranium enrichi lorsque c'est plus économique.

Je n'arrive pas à comprendre en quelles circonstances une centrale à l'uranium naturel peut utiliser de l'uranium enrichi.

M. GRAY: Il s'agirait d'une centrale à l'uranium naturel mal conçue.

M. LEWIS: Le point où se divisent uranium naturel et uranium enrichi ne pose aucun problème grave. Toutefois, quand on se sert d'uranium enrichi, il faut prévoir des dispositifs de surveillance supplémentaires car on doit surveiller constamment la situation isotopique ainsi que l'apparition possible de ce que nous appelons des «risques critiques». Cela veut dire que se produit une hausse intermittente des frais de combustible quand on passe de l'uranium naturel à l'uranium enrichi exclusivement. Quand on passe à un combustible un peu plus riche que l'uranium naturel, on constate cette hausse intermittente du prix du combustible. Il s'agit de savoir si cette hausse intermittente est plus considérable que le léger fléchissement qui se fera sentir par la suite à mesure qu'on utilise un combustible un peu plus enrichi. Dans le cas du rapport no 557 de l'A.E.C.L. daté de 1958, en fonction des coûts de fabrication prévus à cette époque, nous avons trouvé un cas où l'uranium enrichi aurait peut-être été moins coûteux si nous avions pu lui prévoir une irradiation plus longue. Ce n'était qu'une possibilité et c'est pourquoi les ingénieurs ont décidé d'abandonner le projet, vu que le résultat était incertain. Aujourd'hui la situation a changé et nous sommes en mesure de fabriquer l'uranium naturel à bien meilleur compte, de sorte que l'uranium enrichi ne présenterait aucun avantage pour ce réacteur en particulier. En revanche, peut-être serait-il avantageux dans le cas d'autres réacteurs.

M. AIKEN: Si j'ai bien compris, tout ce que vous avez dit, c'est que certains réacteurs à eau lourde pourraient utiliser aussi l'uranium enrichi, mais que ce n'est pas le cas du réacteur à eau lourde dont vous vous servez.

M. LEWIS: C'est bien cela.

M. BRUNSDEN: La question des coûts moyens entre ici en jeu de quelque façon. M. Lewis voudrait-il nous parler de l'envergure des immobilisations?

M. LEWIS: Je préfère m'en abstenir car je ne suis pas très bien au courant.

Le PRÉSIDENT: M. Gray voudrait terminer. Peut-être pourrions-nous lui laisser la parole.

M. GRAY: Vous soulevez là une question très importante et peut-être pourrions-nous y revenir plus tard. Par ailleurs, un autre aspect de l'utilisation de l'uranium enrichi aux États-Unis ne s'applique pas au Canada ni à d'autres pays. M. Davis en parlera probablement plus tard. Les prix actuels de l'enrichissement ne s'appliquent pas nécessairement aux autres pays. Ce n'est peut-être pas le même prix au Canada qu'aux États-Unis. Pour revenir à la question soulevée par M. Brunsdén, on pourrait peut-être décider d'enrichir le combustible en considérant les frais comme immobilisations qui seraient un peu moins élevées tandis que le coût du combustible l'est un peu plus. Cela permet-

trait peut-être d'atteindre l'objectif visé à l'égard du rendement total.

Ensuite, dans le paragraphe 113, page 23, M. Boyd déclare:

Je ne prétends pas qu'on vous induit en erreur de façon délibérée.

Moi, je dis que si.

Sur cette question de l'enrichissement, je tiens à bien préciser que ce n'est pas là notre responsabilité officielle. Je suis d'accord avec ce que M. Boyd déclare au paragraphe 115:

Il n'y a aucun doute qu'à la longue le Canada aura besoin d'une quantité d'uranium enrichi supérieure à celle qui est nécessaire à l'heure actuelle.

Je prévois qu'un jour ou l'autre nous aurons besoin d'uranium enrichi pour des réacteurs à neutrons rapides ou pour des réacteurs que nous ne connaissons pas encore. Ce problème mérite certainement qu'on s'y arrête de temps à autre. Certaines nouvelles méthodes devraient être étudiées, mais ce n'est pas notre responsabilité. On nous a soustrait cette activité ou, du moins, nous n'avons pas assumé la responsabilité de suivre les travaux relatifs à l'enrichissement. Voilà un point très clair et absolument officiel. Par contre, nous avons certainement des opinions sur cette question.

Cette affaire se rattache à l'ultracentrifugeuse dont parle M. Boyd au paragraphe 122. Il faudrait, je pense, que quelqu'un poursuive ce travail au Canada. Je n'admets pas tout à fait, et il ne le dit pas non plus, que ce soit moins cher. Il dit que ce le serait peut-être et il se peut qu'il ait raison. Par ailleurs, nous n'avons aujourd'hui aucune preuve qui porte à croire que l'uranium 235 obtenu par le procédé de l'ultracentrifugeuse coûte moins cher que l'uranium obtenu par le procédé de la diffusion. Ce n'est certes pas le cas lorsqu'il s'agit de grandes quantités. C'est peut-être vrai dans le cas de petites quantités, lorsque l'on part à zéro.

M. AIKEN: J'ai écouté M. Petersen nous présenter son rapport mardi matin. Selon lui, si j'ai bien compris, le coût par unité serait à peu près le même, qu'il s'agisse de la centrifugeuse ou du procédé de la diffusion, mais on pourrait produire en plus petites quantités et pour cette raison, il vaudrait peut-être la peine d'étudier la méthode de la centrifugeuse qui pourrait être utile au Canada, vu qu'elle peut produire de petites quantités. D'après lui, cependant, le coût par unité serait le même, il ne serait pas moindre.

M. GRAY: Je suis tout à fait d'accord. Je ne connais pas du tout les coûts. Dans le paragraphe 123, M. Boyd déclare que nous aurons «encore besoin de l'eau lourde américaine». Dire que nous en avons besoin aujourd'hui n'est pas exact. Nous n'en avons pas absolument besoin. Nous avons décidé d'utiliser l'eau lourde américaine parce que c'est le moyen le plus économique. M. Lewis pense que c'est peut-être économique si nous en utilisons 50 tonnes par année. Pour moi, il se montre probablement prudent. Ce serait plus près de 100 tonnes. Je ne voudrais pas que dans quelques mois, M. Boyd prenne une de mes déclarations qui diffère de ce que M. Lewis a dit et nous la cite en la sortant de son contexte. Il importe peu que ce soit un CANDU tous les deux ans ou un CANDU tous les quatre ans. Il ne s'agit pas de savoir s'il serait économique ou non de construire au Canada une usine produisant l'eau lourde; toutefois, il n'y a rien de secret là-dedans. Nous avons les renseignements à notre disposition.

Dans le paragraphe 125, M. Boyd préconise la tenue d'une enquête publique impartiale pour voir s'il faut construire une usine d'enrichissement ou non. Je n'y vois absolument aucune objection. Je dis simplement que l'enquête serait mieux faite si on la mène en collaboration avec les producteurs d'uranium et les fournisseurs d'énergie à bon marché et il est nécessaire, j'en suis sûr, que ce soit une entreprise conjointe. Au paragraphe 127, sous la rubrique «Sécurité», il déclare:

Dans le contexte actuel, ce sont les partisans de nos réacteurs d'énergie nucléaire qui en établissent la sécurité.

C'est tout simplement inexact. Nous en faisons nous-mêmes une appréciation avant d'en saisir le comité de la sécurité, mais c'est un organisme indépendant qui l'apprécie.

Au paragraphe 129, au sujet des accidents du réacteur, M. Boyd écrit:

Ce qui n'est certainement pas fameux.

Je crois que notre dossier est très bon. Nous exploitons des réacteurs de recherche de grande puissance depuis presque quinze ans au Canada et nous avons subi un seul accident ou incident «grave» et un seul incident «assez grave». Personne n'a subi des irradiations supérieures aux tolérances. Dans tous nos travaux, nous n'avons pas enregistré un seul accident dû aux irradiations qui ait entraîné des pertes de temps. N'oublions pas que de tels accidents se sont toujours produits au cours de mises à l'essai de réacteurs de recherche et non au cours du fonctionnement normal; du moins, pas encore. Cela se produit lorsque quelqu'un tente une expérience sur un réacteur. Je crois que notre dossier est très bon et qu'un examen saura bien le prouver.

M. BRUNSDEN: Vous avez eu trois pertes de vie

M. GRAY: Non, aucune. Ces trois pertes de vie dont vous parlez, c'était aux États-Unis et je voudrais vous en parler. Nous n'avons subi aucun accident entraînant des pertes de temps et il me semble qu'une perte de vie serait considérée comme un accident entraînant une perte de temps.

M. BRUNSDEN: Ces trois pertes de vie ont eu beaucoup de retentissement.

M. GRAY: Ce n'est pas arrivé pendant que le réacteur fonctionnait. L'accident est survenu aux États-Unis lors d'une expérience sur un réacteur de recherche très spécial utilisant de l'uranium enrichi. Il était arrêté depuis quelque temps. On voyait à des travaux d'entretien et même si nous ne connaissons pas la cause de l'accident, l'une des possibilités ou des probabilités, c'est que les préposés à l'entretien étaient en train d'ajuster les barres de réglage et ils auraient, semble-t-il, commis une erreur. Ce ne sont que des suppositions. Nul ne connaît la cause de l'accident. Le réacteur n'était pas en mouvement; il était arrêté.

M. BRUNSDEN: Ce n'est pas un réacteur canadien?

M. GRAY: Non. C'est arrivé aux États-Unis, dans l'Idaho.

M. BEST: A Chalk-River, est-ce que quelqu'un est mort ou a subi des brûlures causées par l'irradiation par suite de sa propre imprudence?

M. GRAY: Mort? Non, personne.

M. BEST: Et des brûlures dues à l'irradiation?

M. GRAY: Un homme s'est brûlé à la main, mais il travaille encore pour nous et n'a pas eu à s'absenter. Il a attrapé une capsule de cobalt alors qu'il se trouvait sous le réacteur NRX. Il l'a prise dans sa main et l'a gardée quelque temps jusqu'à ce qu'il s'aperçoive qu'elle était radio-active. C'est ainsi qu'il s'est brûlé à la main. C'est l'accident le plus grave qui se soit produit chez nous.

M. BEST: A Chalk-River ou ailleurs au Canada, y a-t-il eu beaucoup d'accidents causés par l'irradiation?

M. GRAY: Peut-être des blessures causées par les rayons-X ailleurs au Canada — oui, cela s'est produit.

M. BEST: Mais personne n'est mort?

M. GRAY: Aucun employé de l'A.E.C.L.; à ma connaissance, ce n'est pas arrivé ailleurs au Canada non plus.

M. BEST: Ni aucun employé, ni aucune autre personne?

M. GRAY: Non.

M. BRUNSDEN: Autrement dit, les risques ne sont pas plus grands chez vous que dans une salle d'opération ordinaire, dans un hôpital?

M. GRAY: C'est tout à fait exact. Certains disent même que les risques sont bien moins grands.

M. LAURENCE: C'est bien là mon avis, monsieur le président.

M. GRAY: A la page 28, paragraphe 135, je crois qu'il n'est pas nécessaire d'insister sur cette question du «tube de pression» qui est le nom particulier d'un tube fonctionnant à la pression atmosphérique. M. Lewis en a parlé et je répète que c'est une des choses que nous faisons dans un réacteur de recherche. Il s'agissait là d'une épreuve.

Je vais m'arrêter quelques instants à la page 29, paragraphe 139, mais je pense que M. Lewis voudra en parler lui aussi plus tard. M. Boyd y déclare que l'on a appris que «la *Canadian General Electric Company* a récemment abandonné le revêtement au zircaloy pour le remplacer par l'acier inoxydable». Puis, à la page A-11 et, au paragraphe 37, il écrit, citant M. George White directeur général du service de l'équipement d'énergie atomique de la *General Electric*:

Nous n'avons pas l'intention d'abandonner le zircaloy.

J'ai parlé à M. George White à Toronto hier et il n'hésite pas à confirmer qu'ils n'ont aucune intention d'abandonner le zircaloy. Il confirme aussi que la moitié du coeur du réacteur Dresden aura un revêtement de zircaloy et que l'autre moitié sera en acier inoxydable.

Je passe maintenant à son résumé final: Premièrement, nous sommes d'accord pour dire qu'il faut poursuivre nos travaux sur le NPD. Deuxièmement, jusqu'à un certain point, nous pensons comme lui. Nous devons poursuivre les travaux sur le CANDU. Il voudrait, je pense, mettre des employés à pied et fermer des usines industrielles. Pas nous. Nous estimons qu'il faut poursuivre les travaux sur ce réacteur. En fait, c'est là notre intention. Le gouvernement nous a donné cette directive.

Troisièmement: Nous sommes d'accord: l'industrie privée devrait poursuivre les travaux sur les refroidisseurs organiques. Pour les raisons que j'ai données, nous n'acceptons cependant pas l'idée de confier plutôt cette tâche à la Commission de contrôle de l'énergie atomique.

Quatrièmement: Cette question, je le répète, dépend du niveau des dépenses gouvernementales affectées à la recherche sur l'énergie atomique. Si le gouvernement veut se lancer dans de grandes dépenses et examiner un nouveau système, l'A.E.C.L. serait certes l'un des organismes invités à étudier les piles chaudes à gaz. Quiconque en a le désir peut parler au gouvernement et il voudrait peut-être la peine d'examiner cette affaire.

M. BEST: Est-ce que vous estimez le coût total à 100 millions de dollars?

M. GRAY: Oui, à peu près. Il y a plusieurs années, pour réfuter un des premiers rapports de M. Boyd, j'ai évalué les dépenses à 100 millions en dix ans. J'ai par la suite demandé l'opinion d'un éminent ingénieur. Il m'a répondu: vous avez fait une erreur. Dix ans, c'est exact, mais le coût devrait être de 400 millions. Ce sont des avis purement personnels. Je ne pense vraiment pas qu'on puisse fabriquer un réacteur — et nous connaissons des personnes tout aussi compétentes, sinon plus, qui partagent cet avis — pour moins de 100 millions de dollars.

M. BEST: Une étude d'ensemble est-elle en cours?

M. GRAY: A quoi servirait de faire une étude technique d'ensemble si on ne doit pas construire une centrale? Voici ce qu'il faut envisager. L'étude pré-

liminaire de M. Boyd a coûté \$135,000. D'après les travaux confiés à la C.G.E., nous pensons que cela coûterait 2 millions.

M. STEARNS: Savez-vous par coeur combien vous avez dépensé depuis 15 ans pour la mise au point de la centrale?

M. GRAY: On a parlé de 200 millions.

M. DRYSDALE: C'est moi qui l'ai dit. Je ne suis pas bien ferré en la matière.

M. GRAY: Je pense que vous n'étiez pas loin de la vérité.

Le cinquième point a trait à la commission royale, Je pense qu'on ne devrait pas me demander de dire ce que j'en pense, monsieur le président. Un comité parlementaire examine la question et si vous estimez que vous devez recommander la création d'une commission royale, je suis certain que vous le ferez.

Dans son addenda, — je vais essayer de passer rapidement là-dessus — il mentionne le chiffre de 20 millions de dollars comme étant la différence entre le coût du premier CANDU et celui du deuxième. J'éprouverais beaucoup de difficulté à prouver que c'est pour la recherche et la mise au point. Pour établir ce montant, on a pris les estimations relatives à une centrale à réacteur unique pour les comparer aux estimations relatives à une centrale à deux réacteurs. Les montants respectifs sont de 65 et de 81 millions. J'ai reçu le rapport renfermant ces estimations le 11 janvier 1960. Pour ce qui est du coût de l'emplacement, la construction d'un deuxième réacteur n'entraîne qu'une très faible augmentation. On économise donc presque \$877,000. Quant à la construction proprement dite du réacteur, on n'économise pas grand chose pour le deuxième. Dans la construction des turbines, c'est la même chose. Pour la construction des postes de pompage, on économise plus de la moitié du coût car, à Douglas-Point, nous avons déjà construit un poste de pompage pour deux réacteurs. Quant à la construction de l'immeuble servant à l'entretien du réacteur, c'est une économie totale, soit \$405,000 car on n'a pas besoin d'un deuxième immeuble. Quant aux travaux sur terre et sous terre — je ne suis pas certain que vous ayez tous ces détails. Vous ne les avez probablement pas tous.

M. BEST: Pourriez-vous nous reporter au tableau 1?

M. GRAY: Il me faudrait faire des calculs. Je n'ai pas fait de résumé. Vous voulez que je vous dise comment on peut économiser dans la construction du deuxième CANDU. Le poste le plus important a trait aux travaux de technogénie qui coûtent 8 millions pour un réacteur et 9 millions pour deux. Donc, une économie de 7 millions pour le deuxième. Pour la formation, \$300,000. Mise l'essai et travaux confiés à des spécialistes, économie d'environ \$400,000. Imprévus, économie de 3 millions. Construction, environ 1 million. Ce sont les postes principaux. Il n'est pas difficile de les énumérer. Dire, comme M. Boyd, que ce sont tous des travaux de recherche et de mise au point, c'est fort inexact. En fait, nous ne l'avons jamais dit. Nous avons dit que ce coût pourrait être imputé à la recherche et à la mise au point.

M. BEST: Je ne suis pas certain, mais peut-être pourrions-nous revenir sur cette question plus tard, monsieur le président.

M. GRAY: Je crois que nous avons parlé d'usines de production d'eau lourde. Peut-être M. Lewis voudra-t-il parler des observations faites par M. Boyd l'autre jour.

L'exposé sur le laboratoire canadien de plutonium est un exposé véridique. Celui qui l'a écrit est justement ici, parmi nous. Son exposé est bien fondé, mais ce n'est pas le premier qu'on écrit sur le laboratoire canadien de plutonium. Vous, messieurs, avez vu le laboratoire canadien de plutonium dans le film qu'on vous a montré à Chalk-River et ce film a été réalisé en 1958 pour la conférence de Genève. Nous faisons des travaux sur le plutonium depuis des

années et il s'agit là d'un nouveau laboratoire que nous avons aménagé parce que l'ancien, situé dans l'immeuble de la Chimie, laissait beaucoup à désirer.

Le plutonium est un métal dangereux et si un incendie s'était déclaré dans cet édifice, à Chalk-River, nous aurions éprouvé de grandes difficultés à le maîtriser. Je dois ajouter cependant que nous avons réduit nos travaux sur le plutonium depuis deux ou trois ans. Nous avons toutefois plus d'expérience dans l'irradiation du plutonium que toute autre entreprise au monde et nous vendons ou prêtons, aux États-Unis et au Royaume-Uni, du plutonium fortement irradié pour des fins scientifiques.

Notre laboratoire est un beau laboratoire et lorsque les journalistes sont venus visiter les installations de Chalk-River, ils nous ont demandé: «Allez-vous publier un communiqué de presse à ce sujet?» Nous avons consenti et ils ont rédigé une nouvelle, mais il n'y a rien de neuf là-dedans. En fait, à l'heure actuelle, nous restreignons nos travaux sur le plutonium. Nous pensons qu'il faut connaître cette matière, savoir comment s'en servir et nos travaux passés nous l'ont assez bien appris.

M. BEST: A quelle page êtes-vous rendu?

M. GRAY: À la page A-9.

M. BEST: Puis-je revenir quelques instants à la page A-3, paragraphe 6, qui traite du coût estimatif du NPD-2? Voulez-vous nous en parler? Diriez-vous que c'est exact ou non?

M. GRAY: De quoi parlez-vous?

M. BEST: Dans ce paragraphe, il est écrit:

Les frais du réacteur NPD-2, et ce fut probablement le cas, car le NPD-2 qui devait coûter 15 millions est censé atteindre un coût de 32 millions.

C'est la fin du paragraphe 6.

M. GRAY: Je ne sais pas ce qu'il veut dire par «maintenant». Il y a trois ans que nous disons que ce projet va coûter 32 millions. Je ne sais pas pourquoi M. Boyd ne vient pas nous voir, nous ou la C.G.E. afin d'obtenir les renseignements les plus récents. Il a des amis à Chalk-River; du moins, c'est ce qu'il dit.

Pour ce qui est du béryllium et du zirconium, j'ai exposé mes idées au sujet du deuxième et peut-être M. Lewis voudra-t-il ajouter ses commentaires. Quant au béryllium, je n'ai rien à ajouter. Je crois que M. Boyd a raison.

Au sujet de l'hélium dont il est question à la dernière page de l'addenda, quiconque a eu à s'occuper de ce gaz, surtout pendant la guerre, sait combien il était rare et comme nous avons eu de la difficulté à en trouver pour nos travaux de Chalk-River. S'il en existe de bonnes sources au Canada, c'est certainement à l'entreprise privée qu'il appartient de les exploiter et de vendre ce produit.

M. BEST: Quelle est la valeur de ces sources de la Saskatchewan?

M. GRAY: Vous feriez mieux de poser cette question à M. Boyd.

M. BEST: L'A.E.C.L. ne connaît-elle pas ce renseignement?

M. GRAY: Nous avons fait des études et pour l'instant, nous ne pensons pas que la valeur de ces sources justifie des subventions du gouvernement ou autorise le gouvernement à se lancer dans cette industrie. L'hélium est dans des puits de gaz et nous les avons examinés il y a environ trois ans. M. Boyd pourra rectifier si je me trompe. L'affaire ne semblait pas commercialement rentable à ce moment-là. Si c'est rentable, pourquoi le gouvernement devrait-il s'en occuper lui-même?

M. BEST: Ce que je voudrais connaître, ce sont les quantités d'hélium.

M. GRAY: Ces renseignements sont bien connus, je pense.  
J'ai maintenant terminé mes observations sur ce mémoire.

Le PRÉSIDENT: Très bien, monsieur Gray. Il est presque cinq heures. Voulez-vous proposer que la séance soit levée jusqu'à huit heures ce soir?

Des VOIX: D'accord.

M. GRAY: Enfin, on m'avait prié de déposer le contrat intervenu entre l'*Atomic Energy of Canada Limited*, l'*Ontario Hydro Electric Power Commission* et la *Canadian General Electric Company Limited* au sujet de l'aménagement du NPD, ainsi que le contrat particulier de l'A.E.C.L. avec l'Hydro au sujet du fonctionnement du NPD. Les voici. M. Drysdale désire, je pense, veut lire ce qui est écrit en petits caractères.

PRÉSIDENT: Le Comité consent-il à la remise de ces documents au secrétaire?

Des VOIX: D'accord.

### SÉANCE DU SOIR

Le JEUDI 18 mai 1961,  
à 8 heures du soir.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, nous sommes en nombre et la séance va commencer.

M. SLOGAN: La période des questions est-elle ouverte?

Le PRÉSIDENT: Pas encore. Messieurs, au cours de la suspension de la séance, le sous-comité s'est réuni quelques instants pour décider s'il fallait citer le témoin que M. Slogan désire voir comparaître devant le Comité. Il s'agissait de M. Wilson...

M. SLOGAN: Pardon, de M. Knight.

Le PRÉSIDENT: ... estimateur dont le gouvernement retient, je crois, les services lorsqu'il s'agit d'acheter de la propriété au Manitoba. Nous avons jugé qu'à la fin de mai nous pourrions lui accorder tout le temps nécessaire. Une demi-heure tout au plus suffira, probablement. Nous avons d'autres problèmes qui nous retiennent, et pour M. Slogan la fin de mai lui va. Le secrétaire s'occupera de le faire avertir.

Le sous-comité a aussi étudié la proposition d'assigner deux témoins à comparaître, M. Golding et M. Tupper. La question avait été abordée à la séance antérieure et, je le répète, le sous-comité a pris sans voix dissidente la décision d'assigner les deux témoins à comparaître. J'ajouterai que je viens d'en discuter aussi avec M. Bray, qui ne s'oppose pas à pareille assignation. L'un des deux messieurs est l'auteur d'articles contentieux sur le fonctionnement de la société, et nous nous croyons justifiables de le faire comparaître devant nous et de le faire bénéficier des mesures usuelles de courtoisie. M. Best propose, appuyé par M. Slogan, que M. R. C. Golding, directeur de *Modern Power and Engineering*, et M. K. F. Tupper, soient assignés à comparaître devant le Comité. Que tous ceux qui sont en faveur disent oui.

M. McILRAITH: Je ne m'oppose pas à leur assignation mais la motion est-elle bien logique si l'on songe à l'incident qui met en cause le ministre du Commerce? On se souvient que je désirais ardemment le voir comparaître devant le Comité pour qu'il nous transmette des renseignements qu'il possède. La motion ne devrait-elle pas inclure le nom du ministre?

Le PRÉSIDENT: Vous vous souvenez, monsieur McIlraith, qu'on avait alors proposé de faire comparaître le chef de l'opposition?

M. McILRAITH: Il consentait à venir.

Le PRÉSIDENT: Et que, de l'avis à peu près unanime du comité d'orientation, cela ne se faisait pas, en ce qui concerne le chef de l'opposition.

M. McILRAITH: Il n'a pas de compte à rendre au Comité. Mais le ministre en a à nous rendre.

Le PRÉSIDENT: La question de l'assignation ne s'est pas présentée à l'occasion des témoins, et le point qui nous occupe est tout différent.

M. McILRAITH: Je voulais simplement souligner la chose.

Le PRÉSIDENT: Et je suis sûr que vous ne laisseriez pas passer l'occasion de le faire.

M. McILRAITH: Parce que le ministre a des comptes à rendre au Comité.

Le PRÉSIDENT: Il avait été jugé que sa comparution resterait assez inutile. J'invite tous ceux qui sont en faveur de la motion à lever la main.

(La motion est adoptée sans dissidence.)

Le PRÉSIDENT: Messieurs, la question est réglée. Cet après-midi, nous avons entendu M. Gray, et il conviendrait maintenant, semble-t-il, d'entendre M. Lewis ou M. Laurence. J'ajouterais que le président n'a nullement l'intention de laisser les gens se renvoyer les arguments, si je puis m'exprimer ainsi. M. Boyd a présenté son exposé et l'on y a en partie répondu hier. Vous vous souvenez qu'au début de la séance d'aujourd'hui, M. Boyd a fait lecture d'une déclaration écrite, et c'est à cette déclaration ainsi qu'à la première déclaration que répondent maintenant les représentants de l'*Atomic Energy*. Vous admettez, je l'espère, qu'une fois que les représentants ou les directeurs de la société de la Couronne auront formulé leurs déclarations, il vous faudra diriger vos questions sur les témoins au lieu de vous adresser à M. Boyd puis aux dirigeants de la société de la Couronne, pour obtenir les réponses. Le sujet vous est devenu suffisamment familier, et une fois que nous aurons entendu les dépositions des deux autres témoins, et d'un troisième peut-être, vous pourrez diriger vos questions sur le témoin de votre choix.

M. GRAY: M. Boyd a soulevé, je crois, certains points auxquels M. Lewis désirerait répondre.

M. LEWIS: Monsieur le président, je reviens d'abord sur le point que M. Boyd a soulevé cet après-midi au sujet de la puissance de production de l'usine d'eau lourde, et je vous prie de vous reporter au tableau III de l'addenda, page A-8.

Les données n'enfreignent en rien les principes arithmétiques, et l'auteur s'en sert pour attirer l'attention sur ceux de l'angle droit du bas de la page où il est dit que des placements de 985 millions à 1,360 millions de dollars devront être faits d'ici à 1985. Il fonde ses calculs sur la thèse de Carl Cohen parue dans *Nucleonics* de janvier 1958.

J'ai dit hier que j'avais discuté le problème avec Carl Cohen, et je voudrais consigner au compte rendu—puisqu'il s'agit d'un calcul de détail—un autre projet qui épouse tous les postulats de M. Winnett Boyd mais qui conforme les installations de production d'eau lourde, quant à la puissance de l'usine, au modèle différent que j'ai discuté avec M. Cohen, de sorte que le tableau explicatif devient exactement parallèle avec celui de M. Cohen. Il montre, à l'avant-dernière colonne de droite...

Le PRÉSIDENT: Du tableau III?

M. LEWIS: Oui, à l'avant-dernière colonne de droite,—que la puissance de production des présentes installations s'établit à 4,100 tonnes par année. L'addition des chiffres de la colonne porte le total de la production, en 1985, à 20,300 tonnes. Mon projet de remplacement la porterait à un total de 20,500

tonnes, ce qui est une légère amélioration, avec une capacité totale de production des présentes installations de seulement 2,000 par année à partir de 1981. En conséquence, les investissements sont réduits d'un peu moins de la moitié de ceux que prévoit M. Boyd. Aucun tour de passe-passe à jouer, et cette solution n'est pas la seule; il peut y en avoir plusieurs. Celle que j'ai préférée se rapproche assez bien de la meilleure. J'ajouterai que la diminution dans les installations en cours n'est pas le seul avantage qui nous soit accessible vers 1985. M. Boyd alloue une tonne d'eau lourde par megawatt, et je m'attends à des économies du tiers environ de ce montant dans les grands réacteurs qui constitueront le plus fort de la puissance génératrice.

M. BRUNSDEN: Monsieur le président, pouvons-nous poser des questions au cours de l'exposé?

Le PRÉSIDENT: Nous procéderons comme jusqu'ici, je pense, c'est-à-dire que nous attendrons jusqu'à la fin des dépositions des deux témoins. Peut-être pourriez-vous noter les questions que vous désirez poser.

M. LEWIS: Le montant qu'a pris M. Boyd, celui de *Nucleonics*, de 132 millions de dollars pour une production de 550 tonnes par année—celui qui est indiqué au bas de la page—n'est pas une estimation courante. Cet après-midi on vous a dit que les responsables du rapport du Pont, DP-570, ont laissé entendre qu'il était possible de réduire sensiblement le prix de revient de l'eau lourde. Ils ne vont pas dans tous les détails précis en ce qui concerne les immobilisations, mais leurs chiffres portent à conclure que le prix de revient est d'environ la moitié de celui qui est donné ici. Ce qui nous donne donc un facteur de quatre dans le total, même un peu plus que cela, dans la diminution du prix. Le prix ne présente donc rien de si alarmant.

Je voudrais aussi ouvrir une perspective. Pour les stations génératrices et en ce qui a trait aux investissements de capital, à l'angle gauche du bas de la page, tableau III, vous remarquerez qu'il est question de 18,800 kilowatts, soit 18.8 mégawatts, dans les installations qui existeront en 1985. A raison de \$250 par kilowatt électrique, le total des investissements s'établirait à 4,700 millions de dollars. Examinons maintenant l'usine d'eau lourde qui a recours aux réacteurs et, en fait, une partie de ces investissements se trouve déjà incluse dans les placements qu'exigent les réacteurs, pour l'achat d'eau lourde. Les diminutions que promet ma proposition se chiffrent entre 200 et 300 millions de dollars. C'est ainsi que s'effectue la comparaison de l'usine d'eau lourde avec l'usine génératrice dont les investissements vont jusqu'à 4,700 millions de dollars. J'admets avec M. Gray que ce n'est pas ce qui importe, et que cela dispose de la prétention de Carl Cohen voulant que les investissements dans l'usine d'enrichissement seront sensiblement moindres.

Je passe maintenant au deuxième point que soulève l'exposé de M. Gray au sujet du zirconium et des alliages de zirconium, et je donne lecture de l'alinéa 37 que j'extrais de la page A-11 de l'addenda et dans lequel il cite un passage de *Nucleonics*, numéro d'avril, page 25:

Le PRÉSIDENT: De quelle année, monsieur Lewis?

M. LEWIS: De la présente année. Voici:

L'alliage revêtu de Zircaloy a créé de graves problèmes à la G. E. à sa station d'énergie nucléaire de Dresde. Le fendillement par tension et corrosion s'est révélé tel que la G. E. favorise maintenant l'emploi de l'acier inoxydable pour le revêtement de ses futurs noyaux.

Tout ingénieur saurait que le fendillement par tension et corrosion ne peut causer de tels problèmes. Il s'agit, on le sait, d'une interprétation d'un journaliste, et non d'une déclaration faite par les ingénieurs de Dresde, attendu que les imprimés au sujet des alliages de zirconium—le Zircaloy en particulier—révèlent que cet alliage a subi les maximums de tension et a été étudié quant

aux effets de la corrosion. Il a été constaté que la tension ne contribue nullement à accélérer la corrosion. Or, le mot de l'énigme a été donné dans le numéro de mars de *Nucleonics*—mars dernier—par M. Naymark, de la G.E., à San-Jose. A la page 79, on lit ce qui suit:

Le problème qu'ont posé à la fabrication les premiers éléments de Dresde, petits fendillements du revêtement de Zircaloy dans trois pour cent des barres combustibles, n'est nullement relié à—certaines autres défauts—et a trouvé sa solution dans l'amélioration des procédés de fabrication et d'inspection avant l'état critique initial en octobre 1959.

J'ai visité la station de Dresde il y a à peine plus d'un mois, et nous avons été en relations constantes avec ces gens à propos de leurs problèmes. Jamais le réacteur de Dresde, qui a toujours fonctionné à plein rendement, n'a posé de problème en ce qui concerne le revêtement du combustible en Zircaloy. Ainsi, l'article repose sur un malentendu. A Dresde, on a constaté des fendillements de tension et de corrosion, et c'est ce qui a fait fermer l'usine. Mais les fendillements de tension et de corrosion se sont produits dans l'acier inoxydable, et non dans le Zircaloy. Je ne crois quère utile d'en dire davantage.

M. BEST: Qu'avez-vous à dire sur le compte de M. George White, directeur général de cette division aux États-Unis? Il s'agit de l'alinéa 37, à la page A-11. Vous avez mentionné le premier paragraphe, mais avez-vous quelque chose à dire au sujet de la citation que M. Boyd a faite de M. White?

M. LEWIS: M. Gray a formulé ses commentaires cet après-midi, et je ne vois pas ce que je devrais y ajouter. Il a parlé à M. White et a confirmé ce que j'avais appris pendant mon séjour à Dresde, soit qu'on n'a pas l'intention d'abandonner le Zircaloy même pour le réacteur de Dresde. On y poursuivra l'essai parallèle des deux éléments, ici l'acier inoxydable et là le Zircaloy. Les inquiétudes qu'y inspire le Zircaloy reposent sur bien autre chose, et c'est une tout autre histoire.

M. STEARNS: Simplement pour mettre une chose au point, pourquoi dit-il que c'est tout bonnement une affaire de prudence.

M. LEWIS: Voici, en bref, l'explication. On a eu de l'oxyde d'uranium défectueux contenant du fluorure de calcium, ce qui a beaucoup aggravé la corrosion dans les épreuves expérimentales. Or, nous avons étudié le problème et nous sommes tous d'accord. Les résultats que nous avons obtenus ont été publiés dans *Nucleonics* de mars 1961, et ils indiquent que les difficultés viennent de la présence de fluorure de calcium dans l'oxyde, et non pas du Zircaloy. Nous sommes convaincus que nous pouvons empêcher le fluorure de calcium de se mélanger à l'oxyde, mais on veut en avoir la certitude absolue, attendu que la présence de fluorure de calcium dans l'oxyde d'uranium en fait un agent corrosif du Zircaloy.

M. DRYSDALE: M. Boyd a indiqué un montant de \$59 dans le cas de l'usine de production d'eau lourde, ce qui serait le prix de revient d'un kilowatt généré par l'énergie nucléaire.

M. LEWIS: Le tableau III indique, comme vous le remarquerez, qu'en partant de ce montant de \$59, une usine de production d'eau lourde coûterait 1,110 millions de dollars. Le coût correspondant, pour la même puissance de production, s'établirait dans ma proposition à environ 300 millions de dollars, soit à environ le quart. Ainsi, mon prix de revient par kilowatt s'établirait à un peu plus du quart de \$59, soit à environ \$16.

M. DRYSDALE: Pour quelle année? Pour 1985 sans doute. Quel serait le prix de revient par livre?

M. LEWIS: Aux États-Unis, il s'établit à \$28 la livre. Dans notre propo-

sition, il serait de \$22. C'est à ce prix estimatif que nous plaçons notre production à Chalk-River.

M. DRYSDALE: Je crois avoir vu certaines estimations dans lesquelles le prix devait baisser jusqu'à \$14 avec le temps.

M. LEWIS: J'ai même vu un prix établi à \$12. Mais le seul dans lequel je puisse dire avoir foi est celui que reproduit le DP-570 soit de \$17 à 18.

M. GRAY: Cette estimation est celle de du Pont, dont l'expérience dans le domaine de l'eau lourde est considérable. La société exploite la vaste usine d'eau lourde de Savannah River.

M. BEST: La comparaison s'effectue entre 1985 et 1961. Il s'agit de la fin de la période prévue par le rapport Gordin, soit l'année 1981.

M. BOYD: C'est 1980 qui marque la fin de la période prévue par le rapport Gordon. Le rapport Gordon remonte à cinq ans, de sorte que j'ai dû, pour demeurer extrêmement précis, ajouter cinq ans à ma propre période de 25 ans.

M. BEST: Avez-vous des données sur lesquelles vous pouvez appuyer votre essai?

M. GRAY: Monsieur Laurence, auriez-vous quelques éclaircissements à ajouter?

M. DRYSDALE: Avant de commencer, auriez-vous l'obligeance de nous renseigner sur vos états de service, sur vos antécédents?

M. BEST: Cela fait tout simplement partie de notre procédure régulière.

M. LAURENCE: Je m'appelle George Laurence. Je suis directeur du Service de la recherche sur les réacteurs, à l'*Atomic Energy of Canada Limited*. Je suis citoyen canadien, en fait, de la quatrième génération.

M. STEARNS: Vous et M. Boyd, vous êtes donc jumeaux.

M. LAURENCE: J'ai fait mes études à l'université Dalhousie et à Cambridge, en Angleterre. J'ai fait un stage au Conseil national de recherches, de l'année 1930 jusqu'au moment de l'inauguration, en 1942, de l'entreprise d'énergie atomique. J'y fus transféré. Je demeurais toujours, devrais-je dire, à l'emploi du Conseil national de recherches, jusqu'au moment de la création de l'A.E.C.L. En 1942, année de l'inauguration de l'entreprise, je me trouvais là, et j'y suis toujours resté depuis. Je suis aussi membre du comité consultatif de la Commission de contrôle de l'énergie atomique, section de la sécurité des réacteurs, et je suis président dudit comité. Peut-être dois-je ajouter que mes premiers travaux de recherche ont porté sur la radiologie et la radio-activité, soit sur la radiation. De plus, je me suis beaucoup occupé, pendant un certain nombre d'années, de radiologie médicale en fonction de la physiothérapie.

M. DRYSDALE: Avant que M. Laurence ne commence, je rappelle que M. Lewis a souligné certains faits lorsqu'il s'est agi du présent tableau de M. Boyd. Le Comité lui en sait gré. Pourriez-vous monsieur Lewis, placer vos chiffres en regard de ceux de M. Boyd, ce qui rendrait la comparaison beaucoup plus facile?

M. LEWIS: Les voici, si vous voulez les consigner au compte rendu.

## USINE DE PRODUCTION D'EAU LOURDE

| Année     | Winnett Boyd     |                | Autre projet     |                |
|-----------|------------------|----------------|------------------|----------------|
|           | Tonnes par année | Tonnes totales | Tonnes par année | Tonnes totales |
| 1965..... | 0                |                | 0                |                |
| 66.....   | 100              | 100            | 100              | 100            |
| 67.....   | 100              | 200            | 100              | 200            |
| 68.....   | 100              | 300            | 200              | 400            |
| 69.....   | 100              | 400            | 200              | 600            |
| 70.....   | 100              | 500            | 300              | 900            |
| 71.....   | 200              | 700            | 300              | 1,200          |
| 72.....   | 200              | 900            | 400              | 1,600          |
| 73.....   | 200              | 1,100          | 500              | 2,100          |
| 74.....   | 500              | 1,600          | 600              | 2,700          |
| 75.....   | 500              | 2,100          | 800              | 3,500          |
| 76.....   | 500              | 2,600          | 1,000            | 4,500          |
| 77.....   | 700              | 3,300          | 1,200            | 5,700          |
| 78.....   | 900              | 4,200          | 1,400            | 7,100          |
| 79.....   | 1,100            | 5,300          | 1,600            | 8,700          |
| 80.....   | 1,300            | 6,600          | 1,800            | 10,500         |
| 81.....   | 1,600            | 8,200          | 2,000            | 12,500         |
| 82.....   | 2,200            | 10,400         | 2,000            | 14,500         |
| 83.....   | 2,600            | 13,000         | 2,000            | 16,500         |
| 84.....   | 3,200            | 16,200         | 2,000            | 18,500         |
| 85.....   | 4,100            | 20,300         | 2,000            | 20,500         |

## USINE DE PRODUCTION D'EAU LOURDE

| Investissement en 1985 a 1 tonne par megawatt              |                               | Winnett Boyd | Autre projet |
|--|-------------------------------|--------------|--------------|
| <b>Base:</b>   |                               |              |              |
| Nucleonics .....   | Janv. 1958, p. 69 .....       | \$M 985      | \$M 480      |
| Financial Post .....                                       | 29 avril 1961, p.N.E. 3. .... | 1,360        | 660          |
| Chalk River .....  | 1961, CEI 130 .....           | 820          | 400          |
| Du Pont DP-570 .....                                       | Fév. 1961 (conjecture) .....  | 410          | 200          |
| A comparer avec les investissements globaux dans les géné- |                               |              |              |
| ratrices nucléaires en 1965:                               |                               |              |              |
| 18.8 millions de kw à .....                                |                               | \$ 250 /kw   | \$M4,700     |
|  |                               | 300 /kw      | 5,640        |

M. LAURENCE: La plupart des points que touche le mémoire de M. Boyd ont, je crois, été étudiés par M. Gray et M. Lewis, à l'exception peut-être de certains points qui portent sur la sécurité.

Au sujet de la sécurité, le Comité comprendra, j'en suis sûr, que j'hésiterais beaucoup à me prononcer sur le degré de sécurité des réacteurs NPD et CANDU pendant qu'on est à en faire l'étude. Nous les avons déjà étudiés, au cours de nombreuses séances, et nous avons étudié de nombreux plans. Nous y consacrerons sans doute plusieurs autres séances encore, avant que mes collègues du comité et moi-même puissions nous prononcer sur le degré de sécurité de ces réacteurs. A tout événement, les questions de faits diffèrent naturellement de l'opinion des spécialistes, et j'assisterai volontiers et de mon mieux les membres du Comité lorsqu'il s'agira des faits acquis. A ce sujet, je me reporterai à certaines parties du mémoire qui nous occupe, tout en craignant quelque peu que les membres du Comité gardent des impressions qui ne concorderaient pas entièrement avec les faits.

Le paragraphe 128 du mémoire fait allusion aux accidents les plus déplorable, puis au paragraphe 129 on tire la conclusion qui suit:

129. Jusqu'à présent, les réacteurs ont causé deux incidents graves au Canada, ce qui n'est certainement pas fameux et ce qui me fait douter de la sécurité que présente le réacteur à tuyères à pression.

Or, M. Boyd s'en est beaucoup pris au type de réacteur tube à pression et ne s'est préoccupé que très peu du degré de sécurité des autres types, y compris le type qui l'intéresse tout particulièrement, le type de réacteur modéré au graphite à refroidissement au gaz.

L'incident le plus grave mentionné ci-dessus, celui qui a causé les plus grands dégâts matériels—il a été tellement grave que l'usine dut fermer ses portes—n'est pas arrivé à un réacteur tube à pression, mais à un réacteur à refroidissement au gaz. Je ne voudrais pas en conclure que le réacteur modéré au graphite à refroidissement au gaz est nécessairement le plus dangereux. Je souligne simplement combien injuste il serait de conclure des arguments que renferme le mémoire que le type de réacteur tube à pression est particulièrement peu sûr.

M. BEST: Voici une question d'ordre général, que je voudrais poser à M. Laurence. Diriez-vous que le type de réacteur modéré au graphite à refroidissement au gaz présente quelque problème particulier de sécurité bien qu'actuellement votre agent naturel soit l'eau lourde?

M. LAURENCE: Oui, monsieur, le réacteur modéré au graphite à refroidissement au gaz fait surgir certaines difficultés qu'on ne retrouve pas dans le cas des réacteurs modérés à l'eau lourde. Il s'en présente aussi, pour les autres réacteurs; chaque type présente les siennes propres. La panne qui s'est produite dans le type de réacteur modéré au graphite à refroidissement au gaz vient d'une cause qui ne peut surgir dans le cas du réacteur modéré à l'eau lourde.

M. BEST: Vous parlez d'un problème de compromis entre l'économie et la sécurité. Vous trouvez qu'il ne serait guère juste de dire qu'il ne serait pas possible d'y parvenir aussi facilement dans le réacteur modéré à l'uranium naturel que dans les autres types de réacteurs?

M. LAURENCE: Je ne ferais pas pareille déclaration.

M. BEST: Ne croyez-vous pas qu'il soit plus difficile d'y parvenir maintenant que dans votre type de réacteur?

M. LAURENCE: Non. Le paragraphe suivant, le numéro 130, appelle l'attention sur un accident qui a eu lieu à Idaho Falls et qui a fait trois victimes. Le Comité se félicite, j'espère bien, qu'il ne soit pas survenu au Canada. On s'est demandé, cet après-midi, si la nouvelle était vraiment exacte.

Le mémoire dit ce qui suit:

130. Néanmoins, il explosa mais la radio-activité ne s'est heureusement pas répandue à cause du réservoir qui l'enveloppait. Seules les trois personnes qui se trouvaient à l'intérieur du réacteur ont été tuées.

L'expression «structure du type à cuve» me laisse perplexe. La construction, lambrissée de tôles, était de peu de valeur. Les employés qu'elle abritait s'en plaignaient, me dit-on, à cause des courants d'air en hiver. Le point important c'est que, en dépit de cette structure de qualité bien inférieure, le peu de contamination qui a été constaté hors de la construction ne faisait courir de risques à personne. Voici un nouvel exemple d'une fausse impression que peut laisser le mémoire de M. Boyd. Le mémoire exagère les risques que comportait l'accident.

M. BEST: La construction, dites-vous, abondait en courants d'air?

M. LAURENCE: Les lambris étaient des tôles épaisses. J'estime qu'en l'occurrence le mot «cuve» ne convient pas.

M. BEST: La contamination ne s'est-elle pas répandue?

M. LAURENCE: On en a constaté en dehors de la construction, mais sans danger réel pour personne.

M. BEST: En dehors de la construction?

M. LAURENCE: Les quantités de radio-activité constatées n'offraient aucun danger réel.

M. BEST: Un mot au sujet de la détection de radio-activité à un degré plus élevé. On a nié hier, je crois, que le degré se soit élevé dans la partie nord de l'Etat de New-York à la suite de l'accident survenu il y a quelques années à Chalk-River. Auriez-vous appris que le degré se soit élevé dans l'État de New-York ou ailleurs? Il s'agit, je crois, d'une nouvelle reproduite par le *Star* de Toronto.

M. LAURENCE: Oui. M. Lewis disait hier que c'était la première nouvelle qu'il en avait eu. En fait, la nouvelle m'était parvenue alors. On y avait appelé mon attention. Quelques-uns d'entre nous en ont considérablement discuté, car elle nous avait laissés perplexes. D'après la nouvelle, un certain monsieur aurait détecté aux États-Unis un degré peu usité de radio-activité après l'incident, et à l'aide d'un instrument sensible il l'aurait «suivi» jusqu'à la frontière canadienne. Je me rappelle la phrase suivante: Radiation surnageant les eaux calmes du lac Ontario». On a dit aussi qu'à Montréal les instruments se sont «affolés». Naturellement, notre curiosité s'est trouvée piquée. Or il existe à Montréal des instruments qui enregistrent sans cesse les radiations inusitées. La ville a aussi des investigateurs scientifiques qui s'intéressent vivement à l'étude des causes d'événements inusités de cette sorte. Mais aucun événement de ce genre n'a été décelé à Montréal.

Ottawa n'est situé qu'à mi-chemin, et aucune perturbation inusitée n'y a été constatée. A une distance d'environ huit milles, à Deep-River, où nous maintenons des instruments toujours en éveil, nous avons examiné les enregistrements sans y trouver aucun indice de perturbation. A moins de 200 verges du réacteur, nous avons une construction où les radiations sont clairement enregistrées: les enregistrements se sont révélés à environ sept fois le niveau normal, ce qui est bien inférieur — je le répète, ce qui est bien inférieur — au niveau qui marque l'insécurité. Naturellement, la curiosité nous a portés à nous demander quelle pouvait être la source d'information sur laquelle on s'est fondée, sans doute avec la meilleure foi du monde.

Or, un de nos employés a décelé quelque chose qui lui était plutôt familier dans la rédaction de la nouvelle, et il s'est mis à la recherche de la source d'information. Son flair lui a donné raison. La répétition des mêmes phrases et des mêmes expressions, du même style, de la même tournure dramatique, l'a conduit à la source elle-même. Il s'agissait d'une revue, d'un article de revue qui discutait l'événement. C'est la première fois que j'entendais parler de cette revue. Autrement, j'en aurais certainement retenu le nom. Voici un exemplaire de la revue en question. Elle s'appelle *Fiction scientifique stupéfiante*.

M. BEST: Pouvons-nous tout mettre en ordre chronologique?

M. LAURENCE: L'article en question a paru dans *Fiction scientifique stupéfiante*, numéro d'avril 1954, prix, 35c. Vous trouverez sans aucun doute le récit amusant.

M. BEST: Pensez-vous que l'article cité renferme de larges extraits de la revue?

M. LAURENCE: Oui. Il suffit de comparer les deux textes pour conclure que la revue est la source d'information.

Le PRÉSIDENT: L'accident, monsieur Laurence, s'est produit en 1952.

M. LAURENCE: Oui.

Le PRÉSIDENT: Et l'article de la revue a paru en 1954.

M. BEST: A quelle date a paru l'article?

M. LAURENCE: Voici l'article. Il a paru le 2 avril 1960.

M. BRUNSDEN: Y a-t-il eu plus d'une impression?

Le PRÉSIDENT: Je ne crois pas qu'on l'ait réimprimé.

M. STEARNS: En quel état s'est trouvée la construction après l'échec d'Idaho Falls? Vous nous avez dit qu'elle était bien peu solide.

M. LAURENCE: L'explosion n'a à peu près pas causé de dégâts à la construction elle-même directement. C'est le réacteur qui a été considérablement endommagé. Certaines de ses parties ont sauté et ont emporté une partie du plancher d'acier immédiatement au-dessus du réacteur. La construction n'a par ailleurs été que peu endommagée, mais le réacteur l'a été considérablement.

M. STEARNS: Mais la construction n'a pas été endommagée.

M. LAURENCE: Non, elle ne l'a pas été. Je passe maintenant à l'autre partie de la discussion qui porte sur l'effet de vide positif, page 27, paragraphe 131 et suivants. M. Boyd y dit que la présence de ce qui est appelé en langage technique effet de vide positif peut contribuer à un certain type d'accident d'emballlement, et intensifier l'accident. Puis, le paragraphe 133 renferme ce qui suit:

Cela pourrait donner lieu à une explosion de chaudière comme celle qui a endommagé le réacteur situé à Idaho Falls.

Eh bien, monsieur, le réacteur d'Idaho Falls n'avait pas l'effet de vide positif. Il a l'effet de vide négatif. A la page suivante, le paragraphe 134 renferme ce qui suit:

Étant donné les accidents dont ont fait l'objet les réacteurs NRX et NRU et la tragédie qui s'est produite récemment à Idaho Falls, cette déclaration ne me rassure pas entièrement.

Il s'agit de l'une de nos déclarations voulant que le dispositif de protection assure la sécurité.

Or, j'ai déjà rappelé que le réacteur d'Idaho Falls n'a pas un effet de vide positif. Le NRX a effectivement un effet de vide positif, et beaucoup plus étendu que celui du réacteur tube à pression qui retient notre attention. Pourtant, comme on l'a déjà souligné, l'accident n'a infligé à personne de blessure par radiation.

Dans le cas du NRU, l'effet de vide positif est faible, infime, mais il n'a aucunement contribué à l'accident. L'accident a porté sur le combustible après qu'on l'eût retiré du réacteur. Encore une fois, monsieur, l'association d'idées par juxtaposition me paraît vouloir appuyer l'argument qui précède au sujet de l'effet de vide positif, et elle induit directement en erreur. J'ai déjà étudié le paragraphe 135. M. Lewis a apporté les mises au point qui s'imposaient au paragraphe 138, ainsi qu'au paragraphe 139, qui terminent la discussion sur la question de sécurité. Je répondrai très volontiers à toutes les questions qui me seront posées. Il me paraîtrait futile d'abuser de votre patience davantage.

M. SLOGAN: A propos de la panne à Chalk River, la *Free Press* de Winnipeg a reproduit le 14 mars 1960 une lettre de M. R. Sternsheim, dont j'extrais ce qui suit:

Si, par accident, la matière empoisonnée du réacteur s'engageait dans les canalisations d'eau, la santé de la population environnante courrait des dangers.

Il s'agit de la rivière Winnipeg et du lac Winnipeg.

C'est ce qui est arrivé lorsque le réacteur de Chalk River a cédé, il y a quelques années. Des victimes, quelques-unes sont mortes et les autres souffrent encore gravement de leucémie.

Pouvez-vous nous dire s'il y a possibilité, au cours de pareils accidents, que la matière radio-active contamine les approvisionnements d'eau potable?

M. LAURENCE: Dans le cas d'un réacteur en particulier?

M. SLOGAN: Dans le cas d'un réacteur comme celui que vous aviez à Chalk River, où l'accident s'est produit.

M. BEST: Je me demande si c'est le même homme qui a défié M. Slogan de traverser à la nage une cuve d'eau lourde.

M. SLOGAN: Auriez-vous l'obligeance d'expliquer au Comité de quelle fa-  
suissez.

M. LAURENCE: Il est très peu probable, dans le cas de tout réacteur que je connaisse actuellement, qu'une quantité dangereuse de matière radio-active contamine les eaux des rivières et lacs avoisinants, car des mesures de protection très élaborées sont prises pour qu'il en soit autrement.

M. SLOGAN: Oui, c'est le même, et la récompense était de 150,000 francs con on dispose des déchets à Chalk River?

M. GRAY: On l'a expliqué dans quelque détail, à la première séance, lors de l'étude du projet CANDU. Les dépositions en font foi. On s'était enquis du projet CANDU, de Douglas Point.

Le PRÉSIDENT: Le procès-verbal en parle.

M. SLOGAN: Je désire revenir à la déclaration:

C'est ce qui est arrivé lorsque le réacteur de Chalk River a cédé, il y a quelques années.

En d'autres termes, on a dit que les matières empoisonnées se sont engagées dans les eaux de la rivière et que, des victimes, les unes ont perdu la vie et les autres souffrent encore gravement de leucémie.

M. GRAY: C'est absolument faux. C'est plutôt de la fiction scientifique. A maintes reprises nous avons affirmé qu'aucun accident n'a encore fait perdre du temps. Aucun de nos employés n'a été blessé, encore moins les personnes de l'extérieur. Rien de tout cela ne repose sur les faits.

M. SLOGAN: D'après la lettre que les journaux ont reproduite, le premier ministre aurait reçu une pétition contre ce réacteur nucléaire. Puis, le rédacteur a reçu une autre lettre dans laquelle l'auteur me mettait au défi de répondre à certaines questions. Peut-être M. Laurence peut-il y répondre et jeter de la lumière sur le sujet. Voici l'une de ces questions:

N'est-il pas vrai que le gros réacteur de Chalk River a cédé et qu'il a fallu le remplacer?

Il s'agit sans aucun doute de l'accident qui s'est produit à Chalk River. Avez-vous dû remplacer le réacteur qui a sauté?

M. LAURENCE: Non, monsieur.

M. SLOGAN: Voici la deuxième:

Peut-il assurer qu'un accident du même genre dans n'importe quel réacteur à eau lourde ne se répétera plus?

M. LAURENCE: La question n'interdit-elle pas toute réponse?

M. SLOGAN: Je crois que nous ne pourrions assurer quoi que ce soit. La probabilité d'un incident très grave de ce genre est, semble-t-il, très faible.

Puis l'auteur ajoute:

Peut-il assurer qu'aucun accident ne puisse se produire après disposition des déchets radio-actifs, par la corrosion des contenants, et quelle assurance peut-il donner que les régions habitées, les eaux et les poissons ne seraient pas contaminés, s'il se produisait?

M. LAURENCE: Les risques qui découlent d'un contenant défectueux sont minutieusement étudiés. On place les contenants ou on en dispose de façon à empêcher que toute détérioration dans la matière offre quelque danger.

Le PRÉSIDENT: La réponse est complète.

M. SLOGAN: Je veux consigner le renseignement au compte rendu.

Le PRÉSIDENT: Il s'y trouve déjà.

M. BEST: M. Laurence nous dirait-il ce qu'il pense de certaines nouvelles de presse voulant que les États-Unis disposent des déchets dans la mer, au large des côtes, dans des contenants? On a laissé entendre que ces contenants pouvaient s'user ou s'avarier avec le temps.

M. LAURENCE: Le problème relève, il va sans dire, du comité de la sécurité de la commission des États-Unis. Pour ma part, j'ai pleine confiance dans son jugement. Les détails de son mode de disposition de déchets me sont inconnus, mais les membres du comité américain les connaissent, et ils ont le devoir d'user de la plus grande prudence. J'ai pleinement confiance en eux.

M. CROUSE: Mais attendu que le poisson ne connaît ni ne respecte aucune frontière internationale, ne serait-il pas possible, au moyen d'une entente internationale, d'empêcher que les déchets atomiques ne soient jetés dans l'océan? Le problème revêt une très grande importance; il jette beaucoup d'inquiétude dans les esprits sur le littoral de l'Est du Canada, principalement dans ma région.

M. LAURENCE: A ce propos, savoir que le poisson ne connaît aucune frontière internationale, on peut conclure, entre autres choses, que la population des États-Unis se trouve tout aussi exposé au danger signalé que celle de ma province natale des Maritimes.

M. SLOGAN: Je reviens à la lettre.

M. AIKEN: Je vous prierais de laisser le témoin répondre aux questions suivantes, qui portent directement sur la station de Whiteshell.

M. SLOGAN: La lettre ajoute:

C'est ma conviction que tout réacteur à eau lourde présentera toujours quelque danger pour la population avoisinante. Les investigateurs scientifiques de la Grande-Bretagne, qui entretiennent des doutes sur le réacteur à eau lourde, partagent mes craintes. De l'avis de M. Slogan, les investigateurs scientifiques de la Grande-Bretagne sont-ils, eux aussi, «mal renseignés, trompeurs et malicieux»? En fait, même le spécialiste de Chalk River ne peut garantir une sécurité complète.

Qu'en pensez-vous?

M. LAURENCE: Tout commentaire est difficile, tant la question est vague.

M. SLOGAN: Je pense comme vous. Un autre passage, et j'ai fini:

Pour montrer que je tiens l'eau lourde pour plus dangereuse qu'une bombe atomique sans amorce, je suis prêt à séjourner 24 heures dans une chambre renfermant une bombe atomique pourvu que M. Slogan s'engage à nager cinq minutes dans une cuve d'eau lourde à proximité d'un réacteur. J'en sortirai vivant et plein de santé, mais je ne suis pas sûr que M. Slogan survive à son expérience. S'il accepte le marché, je lui offre une récompense de 150,000 francs suisses. La somme sera déposée en fiducie à la Basel Bankverein, de Bâle, en Suisse.

Que serait-il arrivé si j'avais accepté le marché?

M. DRYSDALE: Vous auriez sali l'eau.

M. LAURENCE: Sérieusement, vous voulez une réponse?

M. SLOGAN: L'eau lourde en elle-même comporte-t-elle quelque danger?

M. LAURENCE: Sérieusement, désirez-vous que je réponde à cette question, monsieur Slogan?

M. SLOGAN: Oui. L'eau lourde présente-t-elle en elle-même quelque danger?

M. LAURENCE: Si vous en buvez?

M. SLOGAN: Supposons que j'en boive un verre.

M. LAURENCE: Je n'hésiterais pas du tout à m'y jeter à la nage. Elle porte très bien.

M. SLOGAN: Elle est matière interne, n'est-ce pas?

M. LAURENCE: C'est de l'eau, tout simplement, mais plus lourde que l'eau ordinaire.

M. GRAY: Nous ne vous recommanderions pas d'en boire, mais elle vous porterait assez bien pour que vous teniez la tête hors de surface; vous y nageriez en toute sécurité.

Combien de francs suisses dites-vous qu'on vous a offerts?

M. SLOGAN: 150,000.

M. GRAY: C'est combien, en dollars?

M. SLOGAN: Environ \$30,000.

M. GRAY: Eh bien, je nagerais volontiers pendant cinq minutes dans de l'eau lourde, à ce prix.

M. STEARNS: Pourvu que le parieur fournisse suffisamment d'eau lourde pour remplir la cuve.

M. BEST: Rien que de vous assécher vous coûterait passablement cher.

M. SLOGAN: L'eau lourde vaut \$30 la livre.

Le PRÉSIDENT: La comédie doit avoir pris fin, messieurs.

M. SLOGAN: Pour moi, ce n'est guère une comédie.

L'eau lourde qui entoure les tubes et les réacteurs est-elle elle-même radio-active?

M. LAURENCE: Oui, faiblement radio-active. «Faiblement» est peut-être un mot faible. Elle est radio-active. Soyons précis. L'eau lourde, avant d'entrer dans le réacteur, peut être considérée comme non radio-active, mais elle devient radio-active une fois qu'elle s'y trouve. C'est là, évidemment, l'un des multiples risques dont il importe de tenir compte dans le degré de sécurité des réacteurs.

M. BEST: Il a été question de la disposition des déchets par les États-Unis, et des méthodes qui y sont employées. M. Crouse a posé des questions portant sur le poisson et la faune marine. Peut-être ne désire-t-il pas s'étendre longuement sur le sujet, mais les contenants qu'on y emploie ont-ils une durée définie? Se détruisent-ils en tant d'années, se détériorent-ils, ou durent-ils indéfiniment? Il s'agit des contenants qui renferme les déchets radio-actifs et qu'on lance à la mer.

M. LAURENCE: La protection assurée par un mode quelconque de disposition de ces déchets dépend de plusieurs facteurs. L'un de ces facteurs est la durée du contenant, et l'ambition, évidemment, est d'en trouver qui soient assez durables. Mais il y en a d'autres, dont celui-ci: convertir la matière radio-active, dans bien des cas, en une forme qui la rende très insoluble dans l'eau, afin que, si le contenant venait à manquer et à laisser pénétrer l'eau jusqu'à la matière radio-active, celle-ci entre en solution dans les profondeurs lentement, très lentement.

M. BEST: Peut-il y avoir perte de radio-activité au cours de cette période?

M. LAURENCE: Oui.

M. BEST: La perte est-elle établie de façon à coïncider avec la durée du contenant?

M. LAURENCE: Oui, ce facteur entre en ligne de compte.

M. BEST: Existe-t-il aussi, chez nous, quelque marge de sécurité?

M. LAURENCE: Oui, certainement.

M. BEST: Dispose-t-on de déchaets de cette façon, au Canada, ou les enfouissons-nous sous terre?

M. LAURENCE: Vous dites «de cette façon ou les enfouissons-nous sous terre». Les deux procédés ne sont pas nécessairement distincts. Le matériel le plus radio-actif que nous enfouissons sous terre est d'abord placé dans des contenants. Ai-je bien saisi le sens de votre question?

M. BEST: J'opposais ce procédé à celui de l'immersion dans l'océan.

M. LAURENCE: A Chalk River, nous avons recours à l'enfouissement, et non à l'immersion. Mais ce domaine n'est réellement pas ma spécialité. Je regrette que M. Butler soit absent, car il pourrait avec beaucoup plus de compétence vous fournir les renseignements. A tout événement, le peu que j'en ai dit coïncide sans doute avec ses idées, en la matière.

M. BRUNSDEN: Le mode de disposition a-t-il fait l'objet de quelque entente internationale?

M. LAURENCE: L'étude en a été faite sur le plan international. Mais, à ma connaissance, aucune entente n'a encore été conclue. Peut-être que M. Lewis aurait quelque chose à ajouter?

M. LEWIS: Je suis bien au fait des discussions qui ont eu lieu, et j'y ai même pris part. L'organisme international de contrôle de l'énergie atomique, fort de l'approbation éventuelle de tous les pays intéressés, a conclu avec l'Institut océanographique de la Principauté de Monaco, un contrat de recherches sur le degré de radio-activité dans la Méditerranée. Toutefois certains pays, notamment la Russie, voient de très près à ce qu'aucune approbation ne soit donnée à la disposition de déchets radio-actifs jusqu'au moment où la science se verra mieux en mesure de certifier qu'il n'y a là aucun danger. Évidemment, d'autres pays partagent cette opinion, et, dois-je ajouter, d'autres investigateurs scientifiques la partagent aussi. Je suis sûr qu'il reste encore beaucoup à faire avant qu'il soit possible de disposer de cette manière de fortes quantités de matières radio-actives.

M. BRUNSDEN: Ainsi, je puis inférer de ce que vous avez dit qu'aucune entente n'existe encore entre les nations?

M. LEWIS: Les ententes ne portent que sur le travail en commun et sur le partage des résultats obtenus dans certains secteurs.

Le PRÉSIDENT: M. Laurence, au sujet de l'immersion dans l'océan — j'ai moi-même soulevé le point à la Chambre, ainsi que M. Crouse, antérieurement — on a tenu en décembre dernier, à Washington, une conférence sur la pollution, conférence au cours de laquelle on a déclaré que la Commission de l'énergie atomique des États-Unis pratiquait l'immersion dans l'océan des déchets radio-actifs — c'est ce que disent mes dossiers, que je n'ai pas ici — et qu'on aurait admis que les contenants en béton se désagrègent dans une période de 20 ans.

M. CROUSE: A ce propos, monsieur le président, si le procédé d'immersion nous a causé tant d'inquiétudes c'est que les Américains la pratiquent dans l'océan tout près de l'un de nos plus importants lits de pétoncles au large de nos côtes, situé sur le banc George, et dont le diamètre dépasse même 500 milles. Si la contamination devait atteindre ce lit, les pertes économiques pour-

raient devenir très considérables et pour la population des États-Unis et pour celle qui, dans les Maritimes, s'occupe de cette industrie. Après ce que nous venons d'entendre — et vous avez déclaré qu'aucune entente n'existe entre le Canada et les États-Unis sauf pour le partage des renseignements acquis — je me demande si nous ne devrions pas discuter avec les investigateurs scientifiques d'outre-frontière la proposition d'affecter une région sur terre à l'enfouissement des déchets, pour que nous sachions où on les a placés. L'immersion océanique, sans savoir où elle se fait ni ce qu'il est possible de contaminer, ne résout pas le problème. La question revêt une importance vitale, car nous venons tout juste de nous rendre compte des effets de la pollution des eaux. Nous interdisons, par des règlements, aux navires en mer de jeter leur huile par-dessus bord, pour empêcher qu'ils ne détruisent les fruits de mer. Advienne une guerre, et l'océan pourrait bien devenir notre unique source d'aliments non contaminés. Je crois que le problème mérite plus ample considération.

M. LAURENCE: On pourrait du moins se renseigner davantage. Je suis sûr que les renseignements existent. Nous avons eu pour principe de les obtenir officieusement, par contacts personnels. C'est plus simple que de s'adresser aux sources officielles, et il y a moins de retards. J'ai cependant la conviction que nous pouvons obtenir ces renseignements, que nous pouvons savoir quelles quantités de déchets sont écoulées de cette façon, et qu'il est possible d'en informer le Comité.

Il faut évidemment comprendre que les risques qui découlent des diverses méthodes sont d'abord en fonction des quantités de matières dont l'on dispose ainsi. Dans le cas qui nous occupe, ces quantités doivent être assez faibles; autrement, ceux qui ont pour fonction, à la Commission de l'énergie atomique des États-Unis, d'émettre les permis, ne les auraient pas approuvées.

M. CROUSE: En réalité, vous le présumez?

M. LAURENCE: Je ne fais que le présumer, pour l'instant; mais je suis sûr que nous pourrions le savoir au juste.

Le PRÉSIDENT: Je suis sûr, monsieur Crouse, que vos réflexions sur la pratique suivie devraient être portées, et je sais qu'elles le seront, à l'attention de la Commission de contrôle de l'énergie atomique, si tel est votre désir. Il serait bon, je crois, que vous y voyiez vous-même.

M. BRUNSDEN: En manière de conclusion, mon collègue peut-il me dire s'il a des preuves visibles de l'effet produit, ou s'il se fie à des rumeurs?

M. CROUSE: Je n'ai encore aucune preuve. Tout ce qui nous inquiète c'est de savoir, comme je l'ai déjà dit, que les immersions se font relativement près des importants lits de pétoncles. Encore la semaine dernière, j'écrivais au ministre de la Santé nationale et du Bien-être social pour lui faire part que des personnes qui sont à écailler des pétoncles se sont infectées par le jus de pétoncle qui avait giclé sur leur chair. Il leur a poussé de grosses bosses qu'ils ont appelées «bosses de pétoncles». Il se peut fort bien que ces protubérances n'aient rien de commun avec les immersions de déchets atomiques dans l'océan, mais répondant à la question je dirai que nous surveillons la situation de très près et sous tous ses angles. Étant donné la valeur de ces poissons, il conviendrait de songer à enfouir ces déchets sous terre avec indication des endroits, pour que nous sachions où ils se trouvent et que tous comprennent qu'il s'agit de régions réservées. Si l'on en disposait ainsi, aucune source de vivres ne serait contaminée.

Le PRÉSIDENT: Vous savez qu'aux Communes on a proposé de les placer dans des cavernes de roc.

M. CROUSE: Pardon?

M. MURPHY: On a proposé aux Communes que les déchets radio-actifs soient placés dans des cavernes de roc.

M. CROUSE: La méthode serait efficace, et tout le monde saurait où ils sont.

M. AIKEN: J'aurais une autre série de questions à poser.

Le PRÉSIDENT: Sur le sujet de la radiation?

M. AIKENS Non.

Le PRÉSIDENT: En a-t-on fini au sujet de la disposition des déchets? J'aimerais poser une question à l'un quelconque des témoins. L'autre jour, lorsque nous sommes allés à l'édifice des produits commerciaux, j'ai remarqué que vous utilisiez un camion pour le transport, de votre propre établissement dans cette ville jusqu'à Chalk River, de déchets radio-actifs. Il ne s'est produit, je suppose, aucun accident au cours de ce transport? N'y a-t-il pas dans la loi sur la circulation quelque disposition régissant les véhicules qu'il vous faut utiliser à cette fin?

M. GRAY: J'ignore si quelque disposition vise le véhicule. Il en existe certainement une qui oblige de désigner par une marque tout objet qui est radio-actif. La commission de contrôle a édicté un règlement concernant la désignation par une marque des objets radio-actifs, mais aucun accident, que je me rappelle, ne s'est produit dans le transport de cette matière.

M. LAURENCE: Je crois qu'il y en eut un, mais mes souvenirs sont un peu vagues. La route s'est trouvée contaminée après qu'on y eut échappé quelque chose, mais la contamination n'était pas grave du point de vue de la santé.

M. BRUNSDEN: On avait échappé quelque chose?

M. LAURENCE: Réellement, je ne me souviens de rien.

M. GRAY: Même si l'on y avait échappé quelque chose, ce dont je ne me souviens pas, les expéditions de ce genre comprennent un préposé aux risques de radiation qui, à l'aide d'instruments, détecte la radio-activité des déchets. Au cours du transport, si quelque chose a été échappé, on marque l'endroit puis on le nettoie. Si l'objet est échappé sur une route publique, on la ferme totalement à la circulation tant qu'il y reste quelque radiation. Tous les véhicules arrêtent ou prennent une autre route.

M. LAURENCE: Si l'incident n'a pas davantage frappé ma mémoire c'est qu'il n'avait rien de sérieux.

M. BRUNSDEN: Votre mémoire pourrait bien ressembler à la mienne.

M. AIKEN: J'aimerais poser à M. Boyd quelques questions dans l'intention de préciser le plus que nous le pourrions ses divergences de vues sur le programme nucléaire courant. Voici la première: Croit-il que le Canada puisse se permettre, en ce moment, le plein développement de deux types de réacteurs? Voici ce que je veux dire: Le Canada peut-il se permettre celui qui fonctionne actuellement à l'eau lourde et à l'uranium naturel, et un autre type? Croyez-vous que le Canada ait les moyens de financer deux programmes complets?

M. BOYD: Mais, monsieur Aiken, je n'ai pas préconisé deux programmes. Je ne crois pas que nous puissions nous permettre deux programmes; j'ai cependant demandé que nous fassions l'étude d'un programme de remplacement, si celui que nous avons entrepris est voué à l'insuccès.

M. AIKEN: En conséquence, je poserai la question que voici: Croyez-vous que l'*Atomic Energy of Canada* a entrepris un programme satisfaisant, celui du type de réacteur à eau lourde et à uranium naturel? Avez-vous des reproches à formuler sur la façon dont ce dernier programme est mis à exécution?

M. BOYD: Non; mes critiques visent le type de réacteur.

M. AIKEN: Ainsi, vos divergences se réduisent au type de réacteur dont il faudrait poursuivre la mise au point? Est-ce bien exact?

M. BOYD: Je critique le présent type de réacteur que nous mettons au point, et j'ai préconisé l'étude d'une variation du présent type. J'ai demandé que nous entreprenions l'étude du réacteur à ralenti organique et à l'eau lourde, et aussi l'étude du réacteur à haute température à refroidissement au gaz, ou de variations de l'un ou de l'autre type, comme complément au programme que nous poursuivons, ou comme seconde flèche à notre arc, de sorte que, si le présent programme aboutissait à une impasse, nous puissions du moins nous lancer plus rapidement dans la mise au point d'un autre réacteur.

M. AIKEN: Croyez-vous que présentement, au stade où en est parvenue la mise au point du réacteur à eau lourde et à uranium naturel, que le projet puisse être ou changé ou abandonné ?

M. BOYD: Quelle était au juste la question, — que le projet puisse être abandonné?

M. AIKEN: Voici où je veux en venir. Attendu que l'on a consacré tant d'années à la mise au point du programme comportant le réacteur à eau lourde et à uranium naturel, serait-il sage maintenant de tout abandonner?

M. BOYD: Il n'est jamais sage de s'enfoncer davantage dans une mauvaise affaire, si l'on constate qu'il s'agit vraiment d'une mauvaise affaire.

M. AIKEN: Vous ne critiquez donc vraiment pas le programme qui est en cours. Vous dites tout simplement qu'il faudrait s'engager dans une nouvelle direction?

M. BOYD: Mes reproches portent sur le présent type de réacteur, dont l'étude a été entreprise à l'exclusion pour ainsi dire de tous les autres.

M. AIKEN: Tout se résume donc à ceci: Vous estimez que l'*Atomic Energy of Canada* devrait augmenter ses recherches dans d'autres types de réacteurs plutôt que de les restreindre à celui sur lequel porte le programme.

M. BOYD: Recherches, et étude, et évaluation — oui.

M. AIKEN: Pourriez-vous nous dire, à votre jugement, combien coûterait un programme de mise au point qui porterait sur un autre type de réacteur comme celui que vous proposez?

M. BEST: A la page 30 de votre mémoire, vous parlez d'une étude complète du génie. Or, d'après M. Gray, le programme reviendrait probablement à 100 millions de dollars répartis sur dix ans, soit entre 10 et 20 millions par année. Pensez-vous que l'estimation soit juste?

M. BOYD: Elle ne l'est certainement pas. Il s'agit d'une période très longue de recherches scientifiques et de mises au point par des ingénieurs. Je désire élaborer quelque peu ce point.

M. AIKEN: Désirez-vous nous donner votre idée sur le coût éventuel de l'étude?

M. BOYD: Oui, je le ferai tantôt. Quand le pays s'est lancé, il y a quelques années, dans l'étude d'un type particulier de réacteur, il avait à établir toutes les données fondamentales jusqu'à aujourd'hui. Mais nous en avons beaucoup appris depuis sur plusieurs types de réacteurs. Tout n'est pas à refaire, et nous n'avons pas à apprendre les données de base. Nous avons un passé, nous avons de l'expérience, par exemple, et même s'il s'agissait d'un type nouveau de réacteur le programme de mise au point et d'étude que nous avons poursuivi nous assure un volume considérable de renseignements qui vaudraient pour l'étude du type nouveau. Tout cela ne serait pas à reprendre.

Que demandiez-vous, monsieur Aiken?

M. AIKEN: Quel serait le coût?

M. BOYD: A combien reviendrait la mise à exécution de l'article 4, page 30:

L'A.E.C.B. devrait accorder des contrats pour une étude complète du génie d'un gros réacteur à haute température à refroidissement au gaz de même que pour la poursuite de l'étude en cours de ce type général de réacteur et de son combustible en Angleterre, aux États-Unis, en France et en Allemagne de l'Ouest.

Vous désirez savoir combien ce programme coûterait? Ma foi, c'est comme si vous me demandiez combien coûterait une charge de foin. Tout dépend du volume de la charge, et de la définition que l'on donne au mot «complète», de la mesure dans laquelle l'étude serait complète. Mais cela coûterait beaucoup moins que ne l'a laissé entendre M. Gray. On se procure une foule de renseignements, avec un million de dollars.

M. BEST: Est-ce ce que vous avez dit, monsieur Gray?

M. GRAY: Oui. Si vous vous reportez au compte rendu vous constaterez que j'ai dit que l'étude coûterait probablement un million ou un million et quart de dollars. Il s'agissait de l'OCBRE.

M. BEST: Vous avez fait mention, cet après-midi, d'un montant de dix à vingt millions de dollars par année.

M. GRAY: Il s'agissait de la production de tout un réacteur de haute température à refroidissement au gaz.

M. BEST: Vous avez laissé entendre qu'il serait assez inutile de ne pas produire un réacteur complet. Il ne semblait pas y avoir de stade intermédiaire.

M. GRAY: N'importe qui peut entreprendre une étude, et si le succès s'annonce on la poursuit jusqu'à réalisation complète. C'est l'ambition que vous caressez.

M. BEST: Certains détails peuvent certainement être étudiés aux stades intermédiaires, avant que la décision soit prise de poursuivre l'étude jusqu'à la réalisation même du réacteur?

M. GRAY: Sans aucun doute.

M. BEST: Vous n'en avez rien dit cet après-midi. Vous avez laissé entendre qu'il fallait établir le coût total de la construction du réacteur.

M. GRAY: Si vous consultez le compte rendu, et à moins que ma mémoire ne me joue un tour, vous constaterez que je n'ai rien laissé entendre de tel.

M. STEARNS: Je vous ai demandé combien vous avez pu dépenser depuis quinze ans. Vous avez répondu, environ 200 millions de dollars. Ce montant concorde en quelque sorte avec le vôtre, monsieur Boyd. Vous savez combien il en coûterait pour produire un autre réacteur, mais, en quinze ans, vous pouvez dépenser 200 millions de dollars.

M. BEST: Avez-vous quelques données sur la production du NRU, du NRX, ou d'autres réacteurs, frais complets de production ou frais d'ingénieurs?

M. BOYD: Le montant global des frais d'ingénieurs dans le cas d'un réacteur complet du type NRU — installations, construction, tout ce qui se rapporte au réacteur NRU, y compris les plans très détaillés du réacteur, de l'équipement de manutention et d'emmagasinage des combustibles, des pompes, des moteurs, et ainsi de suite — ce montant s'est élevé à 7.5 millions de dollars.

M. BEST: Vous n'envisagiez pas un montant aussi élevé, dans votre mémoire.

M. BOYD: Juste ciel, non!

M. AIKEN: Monsieur Boyd, puis-je revenir à mes moutons? On m'a enlevé la parole. Pour le moment, votre proposition n'irait pas, n'est-ce pas, jusqu'à la production d'un réacteur prototype de haute température à refroidissement au gaz?

M. BOYD: Non, pas jusque-là.

M. AIKEN: Comment sauriez-vous, sans les études faites par les ingénieurs, quel succès il aurait si vous n'en avez vraiment pas un en opération? Pourriez-vous faire plus que suivre attentivement les projets en cours d'étude dans d'autres pays dont vous avez fait mention cet après-midi?

M. BOYD: On commencerait par l'étude des projets qui sont en cours d'étude dans d'autres pays, et comment pourrait-on prédire les succès qu'on obtiendrait? En somme, c'est l'affaire des études entreprises par le génie de pouvoir prédire que, d'après les plans, un réacteur construit d'une telle façon, fonctionnera et donnera les résultats attendus. Tout cela ressortit au génie.

M. AIKEN: Mais si vous faites le travail d'ingénieur, vous devez viser à la construction d'un tel réacteur.

M. BOYD: Certainement, et s'il faut un réacteur, on le construit.

M. AIKEN: Votre travail serait-il différent du travail d'ingénieur que l'on a exécuté dans les autres pays? C'est cet après-midi, je crois, que vous avez dit que plusieurs pays exécutent ce genre de travail d'expérimentation. Proposeriez-vous que le Canada adopte un type différent de réacteur ou un programme différent de travail d'ingénieur?

M. BOYD: Je proposerais qu'au Canada nous étudions à fond le type de réacteur connu généralement sous le nom de réacteur à haute température refroidi au gaz. Nous pourrions étudier les diverses variétés qu'on cherche à mettre au point dans les autres pays, et nous pourrions ensuite conclure nous-mêmes quant au meilleur type à mettre au point ici.

M. AIKEN: Afin de satisfaire ma propre curiosité, monsieur Boyd pourriez-vous me dire franchement quelles sont les difficultés auxquelles se heurtent les hommes de science, en ce qui concerne le réacteur à haute température refroidi au gaz? Sauf erreur, certaines difficultés se sont posées, qu'on pourrait surmonter par des travaux expérimentaux, mais j'aimerais bien connaître la nature de ces difficultés. J'en ai entendu parler.

M. BOYD: S'agit-il du problème qui se rattache aux réacteurs à haute température refroidis au gaz?

M. AIKEN: Oui. Est-ce une question de sécurité? Est-ce qu'on n'obtient pas suffisamment de chaleur pour la dépense encourue? Ou s'agit-il simplement du fait que l'étude n'est pas suffisante en ce moment?

M. BOYD: Avant tout, il s'agit du fait que l'étude n'est pas suffisante en ce moment. Une étude plus poussée de la question fournirait des solutions à un plus grand nombre de problèmes qui restent à résoudre, ou du moins à certains d'entre eux.

M. BRUNSDEN: Non seulement sommes-nous membres du Parlement et du Comité, mais nous sommes également des contribuables. Quel est l'aboutissement de votre thèse, par opposition au programme d'eau lourde?

M. BOYD: Électricité à meilleur compte.

M. BRUNSDEN: C'est la première réponse que je reçois aujourd'hui. Électricité à meilleur compte,—résultat d'un investissement très considérable, par opposition au gaz, à l'huile et à la transformation de produits.

M. BOYD: Le gaz et l'huile conviennent certes très bien à la chauffe de centrales électriques, à condition que ces deux combustibles soient facilement disponibles. Dans les provinces des Prairies, en Alberta et en Saskatchewan, ce sont d'excellents combustibles à utiliser, mais ils sont trop dispendieux pour l'Ontario et le Québec.

M. BRUNSDEN: Autrement dit, monsieur, vous prétendez que l'exportation du gaz et de l'huile des provinces des Prairies au Québec et à l'Ontario n'est plus économique?

M. BOYD: Je n'ai pas dit cela.

Le PRÉSIDENT: Il n'a pas dit cela. Je ne crois pas que ce soit de son ressort de parler de l'économie de la distribution ou de la transmission de l'huile et du gaz.

M. LEWIS: Je dois dire que moi-même je m'écarte pas mal de mon propre domaine et j'ai eu de longues discussions avec ceux qui s'occupent de la construction des réacteurs à haute température refroidis au gaz, et je suis au courant de nombre de problèmes en cause, mais je crains qu'un très grand nombre de ces problèmes ne soient pas résolus par l'étude des devis des ingénieurs, du genre de celle que propose M. Boyd.

Permettez-moi de ne signaler qu'un seul petit problème qui s'est posé à propos du projet Dragon, projet international relatif aux réacteurs à haute température à refroidissement au gaz. On se rend compte de la nécessité, à certains points du système de circulation du gaz de quelque isolant thermique, et l'on constate qu'il est très difficile d'en choisir un qui soit satisfaisant, et qui ne contamine pas le gaz de manière à causer des difficultés dans d'autres parties du système.

Il s'agit donc d'un cas analogue à celui du réacteur à refroidisseur organique, qui nécessite des études de mise au point très coûteuses avant que les ingénieurs puissent effectivement en tracer le devis.

Nombre d'autres problèmes se posent, dont l'un est le changement de la perméabilité du graphite. Le combustible agit à une température si élevée que d'autres produits fissiles radio-actifs circulent librement dans le système. On essaie d'y obvier autant que possible en utilisant du graphite imperméable au gaz,—malheureusement, tout en évoquant le mot "imperméable", nous n'avons aucun graphite qui le soit vraiment au degré requis. Une autre difficulté se pose, en ce que la contamination du gaz altère la surface du graphite. Il y a un très grand nombre de problèmes en cause, des problèmes d'ordre technologique, qui exigent beaucoup d'études de mise au point avant qu'on puisse en arriver à produire un réacteur pratique à partir de ce qui peut paraître comme un très beau devis en théorie.

M. AIKEN: Monsieur Boyd, même au cours de l'année écoulée, le coût de l'uranium naturel a baissé de presque de la moitié de sa valeur antérieure. Si je comprends bien, la quantité de combustible n'est pas vraiment le facteur déterminant dans la production d'énergie. Autrement dit, la quantité de combustible dans le CANDU, mettons, est d'environ 75 tonnes par année. Quelle épargne estimez-vous réalisable avec le type de réacteur que vous proposez? De toute évidence, on n'épargnerait pas sur le combustible. Estimez-vous qu'on puisse faire un devis à meilleur compte, de façon plus satisfaisante?

M. BOYD: Le réacteur à haute température refroidi au gaz exigera incontestablement moins de capitaux d'immobilisation. J'ai étudié certains chiffres relatifs au plus récent réacteur refroidi au gaz, du type de Colder Hall, construit à Dungeness (Angleterre), à un prix contractuel ferme de £100 le kilowatt installé. Au taux actuel du change, cela équivaut à \$277 le kilowatt installé. On pourrait probablement construire une centrale d'énergie fonctionnant au moyen de réacteurs à haute température refroidis au gaz pour environ 60 à 70 p. 100 de ce capital d'immobilisation. 60 à 70 p. 100 de £100, soit £60 à £70. Comment cela fait-il en dollars, je l'ignore.

M. AIKEN: Cela se compare de quelle façon avec le réacteur à eau lourde?

M. BOYD: Le coût par kilowatt installé, pour la première unité, à la station de Douglas-Point, d'après l'A.E.C.L., serait de \$407. Le second sera moins cher, et une fois les deux unités installées le coût reviendrait à \$366 par kilowatt installé. Cela suppose 81.5 millions pour la première unité et 65 millions pour la seconde. Ce sont là les deux chiffres. Le premier est une estimation de M. Gray, et le second une estimation de MM. Smith et Foster.

M. STEARNS: Combien grosse était cette centrale britannique dont vous avez estimé le coût à \$277 le kilowatt? Était-ce une grosse ou petite centrale?

M. BOYD: Plutôt grosse. C'est une centrale à deux réacteurs, dont le rendement total est de 55,000 kilowatts électriques.

M. LEWIS: Pour bien préciser, je dirai que le prix contractuel ferme au Royaume-Uni ne se compare pas au prix estimatif du CANDU. Selon l'emplacement, ce qui veut dire voies d'accès et autres choses de ce genre, la *Central Electric Generating Board* doit faire d'autres dépenses qu'on estime jusqu'à £25 de plus par kilowatt électrique dans le prix contractuel ferme de ce qu'on fournit.

M. AIKEN: Pouvons-nous avoir des chiffres, soit du Royaume-Uni soit des États-Unis, qui puissent permettre de comparer le réacteur à eau lourde avec le réacteur à haute température refroidi au gaz?

M. GRAY: Je puis vous fournir un chiffre sur le réacteur à haute température refroidi au gaz. Il se trouve que je l'ai précisément devant moi. Il s'agit du réacteur de M. Boyd.

M. AIKEN: Nous avons cela.

M. GRAY: Je ne crois pas que nous ayons ce chiffre, monsieur Aiken. Il s'agit d'un compte rendu de journal. Je ne me fie pas toujours aux comptes rendus des journaux, mais je crois que celui-ci est satisfaisant. Il est tiré du *Toronto Daily Star* du 29 septembre 1958. On y dit que M. Boyd, qui était ingénieur mécanicien en chef, aurait déclaré que cela coûterait 100 millions de dollars pour construire le réacteur NRU et que cela prendrait cinq ans, et que le combustible utilisé dans ce réacteur coûterait une autre somme de 20 millions de dollars, qu'il faudrait un personnel de 200 ingénieurs et dessinateurs, sans compter l'aide et la collaboration de l'usine de Chalk River, qui aurait à effectuer des essais nucléaires pour lui. Je n'aime pas m'en remettre à un compte rendu de journal mais, le 2 octobre, M. Boyd a écrit au journal en question pour le féliciter d'avoir rédigé un compte rendu si excellent de l'interview.

M. AIKEN: Y a-t-il des chiffres disponibles là où les deux types de réacteurs sont en usage? Avez-vous des chiffres comparatifs? Peut-être que le Royaume-Uni en a, bien que j'ignore si, là-bas, on se soit servi du réacteur à eau lourde.

M. BOYD: Me permettriez-vous de répondre en partie à votre question?

M. AIKEN: Oui, j'aimerais avoir cette réponse.

M. BOYD: Je ne crois pas qu'il soit très équitable de comparer un réacteur d'aujourd'hui avec un réacteur de demain. C'est ce qu'on fait toujours, ou du moins fréquemment, dans certains cas. Je me souviens que dans le cas des essais sur la turbine à gaz, sir Frank Whittle s'est plaint que les gens soient portés à comparer le moteur axial avec le moteur du type centrifuge, et il disait toujours que c'est en quelque sorte comparer un modèle d'après-demain avec un modèle de l'avant-veille, au détriment de ce dernier. Or, il ne convient vraiment pas de comparer un modèle de l'avenir avec un modèle existant; mais on peut toujours comparer l'un à l'autre plusieurs modèles existants.

M. AIKEN: Je présume qu'il n'y a rien au Royaume-Uni, et certainement

rien au Canada. Y a-t-il des chiffres aux États-Unis sur les deux types différents de réacteurs, indiquant le coût par kilowatt-heure?

M. BOYD: Si vous voulez bien vous reporter au tableau 2 de mon mémoire, monsieur Aiken, vous verrez que le coût d'un réacteur du type BWR, type américain, se trouve à la page A-6, et, comme vous le constaterez, le coût prévu du BWR est de \$197 le kilowatt. C'est assez comparable au coût du CANDU. Autrement dit, ce chiffre est fondé sur beaucoup plus de renseignements sûrs que le coût prévu du CANDU. De sorte qu'on peut assez bien comparer ce coût au coût estimatif de la centrale CANDU.

M. STEARNS: Êtes-vous sûr en ce qui concerne ce type américain? Êtes-vous sûr qu'il renferme toutes les choses qui sont entrées dans sa fabrication avant qu'il fût commencé?

M. BOYD: Il s'agit du coût estimatif en capital d'immobilisation.

M. STEARNS: Pour en construire un d'après les données que vous possédez aujourd'hui?

M. BOYD: Oui, et ce chiffre est comparé avec le coût en capital d'immobilisation de la station de Douglas Point, qu'on pourrait construire avec les données que nous avons aujourd'hui. J'aimerais appeler votre attention, toutefois, sur l'avant-dernière colonne du tableau où l'on voit le coût prévu de l'énergie en millièmes par kilowatt-heure. Et puis vous verrez que le réacteur du type américain coûte moins cher en capital d'immobilisation. Bien que le coût de son combustible soit quelque peu plus élevé, son coût d'exploitation l'est un peu moins. Mais le coût total prévu de l'énergie qu'il produit varie de 4.9 à 5.3 millièmes. Comparez cela au coût total prévu de l'énergie produite à la station de Douglas-Point, qui varie de 5.3 à 5.7 millièmes.

M. LEWIS: Permettez-moi de vous donner lecture d'une mention qui est faite ici de Richards. Il s'agit de la quatrième rubrique du tableau de M. Boyd, et encore une fois on trouve cela dans la pages jaunes de la revue *Nucleonics*, c'est-à-dire la nouvelle la plus sensationnelle de ce mois-ci. Voici ce qu'on lit:

On a entendu des manifestations d'optimisme impressionnant à propos des perspectives de l'énergie nucléaire, lors de la réunion de la conférence sur l'énergie américaine, à Chicago, vers la fin de mars. M. Titus G. Leclair, de la *General Atomic*, a prédit que dans dix ans le prix unitaire des combustibles fossilisés aura augmenté de 12.9 p. 100 alors que le prix des combustibles nucléaires aura baissé de 9.4 p. 100.

Je passe à l'autre compagnie. Il s'agit de la *General Atomics*. Voici ce qu'à déclaré M. R.B. Richards, directeur du service du Génie du département du matériel de production d'énergie nucléaire de la *General Electric*

... l'état de la science a progressé au point où l'on peut construire une centrale monocyclique de 300 Mwe pour \$197 le kilowatt, soit \$53 le kilowatt de moins que coûterait le réacteur à eau bouillante bicyclique de 300 Mwe, soit \$250 le kw, selon l'étude faite par l'AEC en 1959. En se fondant là-dessus, a poursuivi Richards, on pourrait maintenant construire une centrale monocyclique de 400 Mwe pour \$188 le kw et une centrale bicyclique de 500 Mwe pour \$176 le kw.

Là où je veux en venir, c'est que nous avons ici toute une variété de chiffres, et une grande variété de chiffres se rapportant en même temps aux réacteurs à eau lourde, et que nous faisons ces comparaisons depuis un très grand nombre d'années. Et je ne suis pas prêt à admettre en ce moment que ce type de Dungeness, ou ce BWR, est en fait essentiellement en concurrence avec le réacteur CANDU.

M. AIKEN: Permettez-moi de bien préciser ce point, au cas où nous aurions d'autres témoins à entendre. Est-il donc exact de dire qu'il n'y a aucun pays

où le réacteur à haute température refroidi au gaz et le réacteur à eau lourde sont utilisés pour fins de production d'énergie, et qu'il n'y a aucun moyen d'obtenir à leur égard des chiffres exacts, mais simplement des chiffres estimatifs? Je voudrais bien préciser ce point. Y a-t-il un réacteur à haute température refroidi au gaz en usage au Royaume-Uni, ou existe-t-il uniquement à l'état de projet?

M. BOYD: On ne fait que projeter de l'utiliser. A ma connaissance, il n'y a aucun réacteur ayant comme modérateur l'eau lourde, de quelque importance, en usage aujourd'hui, pas plus qu'il n'y a de réacteur à haute température refroidi au gaz, de quelque importance, en usage aujourd'hui.

M. BEST: M. Gray a dit, je crois, qu'il y avait dans le monde un certain nombre de réacteurs ayant comme modérateur l'eau lourde. Ces réacteurs en sont-ils au stade expérimental? Il a bien mentionné aujourd'hui et précisé certains pays, tant pour ce qui est des centrales d'énergie à eau lourde que pour un type de réacteur semblable à celui dont il est question ici.

M. GRAY: La documentation révélera, je crois, que ces projets sont en cours. La plupart ne sont pas aussi avancés que le CANDU. Je crois que la France vient justement de lancer un projet de réacteur avec modérateur à l'eau lourde et refroidissement au gaz.

M. BOYD: Oui, et l'on se propose d'utiliser aussi du combustible enrichi.

M. GRAY: Si ce réacteur est refroidi au gaz, il en est probablement ainsi.

M. BRUNSDEN: Autrement dit, ces réacteurs n'ont pas encore été en usage.

M. GRAY: Non, mais M. Boyd conviendra, je crois, que le réacteur refroidi à l'eau lourde est à un stade plus avancé que tout autre type de réacteur à haute température refroidi au gaz. M. Boyd n'est-il pas de cet avis?

M. BRUNSDEN: Parlez-vous du Canada, ou du monde en général?

M. GRAY: Du monde en général.

M. BOYD: De façon générale, je dirais que nous sommes plus près d'obtenir un réacteur ayant comme modérateur l'eau lourde qu'un réacteur à haute température refroidi au gaz. Le NPD-2 est une unité de 20 mégawatts.

M. GRAY: Et il sera en usage probablement deux ans avec le réacteur à gaz.

M. LEWIS: Aux fins du compte rendu, je dirai que le PRTR, qui es entré dans sa phase critique en décembre dernier,—et, encore une fois, je l'ai visité il y a moins d'une semaine,—va bientôt produire de l'énergie. Il fonctionnait de façon très satisfaisante. Il s'agit d'un réacteur refroidi et modéré à l'eau lourde du type tube à pression. Il est à peu près semblable au NPD. J'ignore sa puissance exacte.

M. BEST: Vingt.

M. LEWIS: C'est un réacteur thermique.

M. BOYD: Quelle est sa grosseur?

M. LEWIS: Environ quatre-vingt-cinq mégawatts thermiques.

M. BOYD: Est-ce génératrice atomique?

M. LEWIS: Non.

M. DRYSDALE: Monsieur Lewis, vous êtes venus au Canada pour la première fois en 1947?

M. LEWIS: En 1946.

M. DRYSDALE: Vous vous êtes occupé à Chalk River des divers réacteurs d'expérimentation utilisant d'un bout à l'autre de leurs opérations de l'uranium naturel et de l'eau lourde. Puis, en 1954, je crois que vous avez eu cette réunion du groupe nucléaire qui, comme l'indique un certain volume, est un groupe

d'hommes de science et d'ingénieurs. Ai-je raison de croire que, de cette réunion de 1955, est sortie la station NPD, votre premier prototype de ces génératrices nucléaires, et que, de celle de 1959, est résultée la mise au point du CANDU? Aurais-je raison d'affirmer qu'à toutes fins pratiques nous pourrions considérer que le Canada s'est lancé dans le domaine des réacteurs à eau lourde et à uranium naturel en 1954? Pourrais-je dire également,—et j'aimerais avoir votre avis là-dessus, et relier cela aux propos de M. Boyd,—que nous étions alors dans la situation où il nous était impossible de le savoir, à toutes fins pratiques, tant que le CANDU n'aurait pas atteint sa phase critique et ne serait pas en pleine activité? Ainsi, pourriez-vous nous dire ce que serait, selon vous, le pourcentage de fuite d'eau lourde dans le CANDU quand il fonctionnera en 1961, 1964 ou 1965?

M. LEWIS: Plusieurs questions se posent ici. La première a trait aux dates. Encore une fois, je parle de mémoire, et l'on voudra bien me reprendre si je fais erreur. La première communication proposant la mise au point d'une génératrice atomique à uranium naturel, ayant pour modérateur l'eau lourde, remonte à 1951. La première étude portant sur la construction d'un tel réacteur remonte 1953 ou 1954; il s'agissait du NPD 1, du type cuve à pression. Le groupe dirigé par Harold Smith a continué, en 1955 et en 1956, l'étude qui a abouti au type tube à pression horizontale. A la fin de 1956 et au début de 1957, nous avons passé en revue les progrès et perspectives du NPD 1, et avons décidé que le réacteur du type tube à pression était beaucoup plus favorable. Le programme a donc été changé en 1957.

La division des centrales nucléaires a été établie en 1958 à Toronto pour poursuivre la conception et la mise au point du CANDU. C'est en 1959 qu'on y a formé le ferme projet d'aller de l'avant avec le devis et la construction.

J'espère que lorsque le NPD entrera en activité, nous en saurons davantage sur la question de la fuite d'eau lourde au sein du système. La fuite ne se produit pas à la station, c'est-à-dire dans le système à haute pression entrant dans la zone de la voute du réacteur. Nous nous attendons à ce qu'il y ait fuite d'eau lourde, mais l'eau lourde sera récupérée. Je m'attends à ce que nous fassions l'essai de diverses parties du système et que nous prenions des mesures pour supprimer les principales fuites. Je m'attends à pouvoir faire fonctionner ces appareils avec une fuite de moins de 2½ p. 100 par année.

Or, quand nous en arriverons au CANDU, nous aurons cette expérience derrière nous, de sorte qu'au départ nous ne devrions pas avoir autant de difficultés avec les fuites.

M. DRYSDALE: Serait-il juste de dire qu'à partir de 1954 les hommes de science et les ingénieurs associés à ces divers projets de centrales nucléaires étaient des spécialistes de ce type de réacteur à eau lourde et à uranium naturel?

M. LEWIS: C'est exact. Nous avons étudié les autres types, à mesure qu'ils sortaient, et nous en avons discuté au cours des années. Nous avons eu des colloques à Chalk River, au cours desquels nous avons discuté divers types de réacteurs; mais, ces dernières années, nous nous en sommes tenus de plus en plus aux réacteurs à eau lourde.

M. DRYSDALE: Au cours de cette période, a-t-on jamais proposé ou recommandé au gouvernement de commencer à mettre au point un autre type de réacteur, par exemple un réacteur refroidi au gaz ou tout autre type de réacteur? De tous ces colloques et discussions, est-il sorti quelque signe d'intérêt envers un autre type de réacteur, du point de vue expérimental?

M. LEWIS: Autre que le réacteur à eau lourde, je ne connais que la proposition de M. Boyd. Il y a eu également la question de savoir si le type du

Royaume-Uni serait applicable en Ontario. On a également étudié cette question.

M. DRYSDALE: Monsieur Gray, pendant cette période, on a dit qu'il serait pas mal dispendieux d'essayer de mettre au point plus d'un réacteur à la fois. Avez-vous jamais recommandé qu'un autre type de réacteur soit mis au point?

M. GRAY: Au gouvernement?

M. DRYSDALE: Oui.

M. GRAY: Le réacteur à réfrigérant organique.

M. DRYSDALE: C'est le seul?

M. GRAY: Oui, et il coûterait de 1 à 2 millions de dollars par année.

M. DRYSDALE: J'aimerais poser à M. Boyd une autre question dans le même ordre d'idées. Monsieur Boyd, vous avez dit que les divers types de réacteurs en sont à un stade très avancé de mise au point. D'après le raisonnement que j'ai suivi,—du moins, c'est mon avis,—il ne serait guère possible à l'heure actuelle de discontinuer les travaux de mise au point du CANDU. A mon avis, nous devons poursuivre ces travaux jusqu'à ce que le CANDU ait été mis au point et suffisamment éprouvé, afin de voir s'il répond à toutes les prédictions théoriques résultants des essais que nous avons faits avec le NPD. La question que je voudrais vous poser est celle-ci: en quoi la mise au point des réacteur au Canada serait-elle en retard si, par exemple, le CANDU ne répondait pas à ce qu'on en attend? Est-ce que les connaissances acquises par tous les autres pays ne seraient pas aussitôt disponibles et, en fait, ne disposerions-nous pas des autres services d'ingénieurs et de techniciens et ne pourrions-nous pas laisser tomber le CANDU, à supposer qu'il ne soit pas un succès, et nous lancer dans cet autre domaine? Autrement dit, en quoi y aurait-il perte si nous négligions de nous lancer dans le domaine de ces réacteurs à gaz à l'heure actuelle?

M. BOYD: Si nous attendons que le CANDU fonctionne pour en apprécier la valeur, et qu'alors nous constatons qu'il est un échec, je dis que le Canada ferait tout aussi bien de se considérer comme exclus du domaine des réacteurs. Essayer de nous rattraper ici avec un autre type de réacteur, à ce moment-là, serait extrêmement difficile, pour ne pas dire impossible. Nous pourrions certes construire des réacteurs au Canada, en vertu d'un permis, de la même façon que nous fabriquons des automobiles et tous les autres produits que les filiales canadiennes des sociétés américaines et britanniques construisent au Canada; mais je crois que nous ne pourrions pas—étant trop en retard,—commencer à mettre au point un réacteur purement canadien. A ce moment-là, nous aurions perdu la course.

M. DRYSDALE: Monsieur Gray, pourriez-vous nous dire ce que vous pensez de ceci? A votre avis, ferions-nous bien alors de continuer comme nous le faisons maintenant, jusqu'à ce que nous voyions ce qu'il adviendra du CANDU, ou estimez-vous que ce serait dans notre intérêt d'examiner les divers types de réacteurs,—et je suggérerais les réacteurs à gaz, car je crois que ce sont les plus gros en usage dans le monde actuellement, ou quelque autre type?

M. GRAY: Nous les examinons. Nous discutons avec les Britanniques de leurs réacteurs. Nous pouvons obtenir les renseignements nécessaires à propos du projet Dragon. En fait, nous pourrions participer à ce projet, ce que nous ne faisons pas. Le Canada est membre associé de l'OECE. C'est un projet de l'OECE. Par conséquent, nous pourrions avoir à notre disposition, directement, tous les renseignements possibles sur le projet de réacteur à haute température

refroidi au gaz le plus avancé du monde. En réalité, ces renseignements nous sont disponibles. Mais nous n'avons personne qui travaille à ce projet.

M. DRYSDALE: A supposer que le CANDU,—et ce n'est pas que je sois pessimiste, car j'espère que ce sera un succès,—soit un échec, serions-nous alors en retard dans notre programme de réacteurs?

M. GRAY: Comme l'a dit M. Boyd, nous serions un peu en retard sur les Britanniques ou le groupe qui s'occupe du projet de l'OECE, bien qu'il s'agisse d'un groupe international, auquel cas nous n'aurions aucune difficulté à nous rattraper. Nous ne pourrions nous rattraper aussi vite que si nous dépensions quelques millions de dollars par année, pendant deux ans, pour mettre au point un réacteur au gaz graphite. Je ne crois pas qu'il nous soit nécessaire d'attendre que le CANDU fonctionne pour savoir s'il va vraiment marcher. Quand le NPD aura fonctionné pendant un an ou deux, nous saurons alors ce que le CANDU est capable de faire.

M. DRYSDALE: Quand vous attendez-vous qu'une décision soit prise?

M. GRAY: A la fin de 1962, nous aurons une très bonne idée de la valeur du CANDU, car le NPD aura fonctionné alors pendant un an.

M. DRYSDALE: Est-ce qu'à l'heure actuelle vous étudiez activement la situation, de manière à pouvoir vous orienter vers un autre type de réacteur et, dans ce cas, à quel point vos ingénieurs et hommes de science pourraient-ils s'adapter à cette nouvelle orientation?

M. LEWIS: Permettez-moi ici de faire une observation. Nous nous sentons vraiment sûrs de notre affaire dans le cas du CANDU, et je ne crois pas que personne de notre groupe n'ait le moindre doute que nous en ferons un succès. M. Boyd l'a même donné à entendre. La seule réserve qu'il a faite, c'est que ce réacteur pourrait coûter plus cher que nous le prévoyions. Là encore, nous nous sentons sûrs de notre affaire. Disons que nous visons au moins cher possible, et cela est prometteur de toute façon. Par conséquent, je crois que nous sommes toujours très vigilants, et que nous visons toujours à mettre au point un réacteur qui surpassera le CANDU. Je ne cesse d'en parler, et j'en ai parlé en Inde cette année. Si le CANDU ne réussit pas, ces autres réacteurs auxquels nous songeons seront encore meilleurs. De sorte que nous avons plusieurs cordes à notre arc; nous songeons à d'autres réacteurs.

Le VICE-PRÉSIDENT: Diriez-vous que c'est à peine une question de savoir si ce sera ou non en échec complet, mais simplement peut-être une légère différence dans vos calculs estimatifs, au pire?

M. LEWIS: Oui.

M. SLOGAN: Monsieur le président, j'aimerais poser quelques questions à M. Gray. Il y a eu pas mal de comptes rendus de journaux, il y a quelque temps, à propos de la mise au point d'un réacteur du type portatif destiné à servir dans les régions septentrionales pour fins de production d'électricité et, peut-être, de vapeur génératrice à l'intention des collectivités établies là-bas. L'*Atomic Energy of Canada* étudie-t-elle un projet de ce genre, en ce moment, ou en envisage-t-elle un dans ce sens?

M. GRAY: Encore une fois, cette question a été discutée pas mal à fond lors d'une séance précédente, de même que l'an dernier. Si vous voulez, je pourrais y revenir de nouveau, assez rapidement je crois.

Le VICE-PRÉSIDENT: Veuillez procéder, monsieur Gray.

M. GRAY: Il y a un peu plus d'un an, nous avons conclu un contrat avec la *Canadian Westinghouse Company* en vue de l'étude de petits réacteurs pouvant servir dans le Nord canadien. Comme il ne s'est pas fait grand chose au Canada à propos de réacteurs de cette grosseur, nous nous sommes entendus

avec la commission de l'énergie atomique des États-Unis pour qu'elle mette à notre disposition tous les renseignements qu'elle possède à propos de ce type. Il s'est fait beaucoup de travail à ce sujet aux États-Unis. On l'appelle là-bas la génératrice atomique militaire tous usages, et on s'en sert au Groënland et au pôle sud.

M. SLOGAN: On s'en sert effectivement?

M. GRAY: Oui. Tous ces renseignements ont été mis à la disposition de la *Canadian Westinghouse Company*, qui a entrepris une étude très poussée là-dessus. Cette société a également publié un rapport, qui est disponible. D'après ce rapport, il n'y aurait actuellement au Canada aucune installation assez vaste pour que cet appareil soit économique. L'emplacement qui semblait s'y prêter le mieux est la baie de Frobisher, mais même là, cela coûterait 25 p. 100 de plus pour produire de l'énergie par la consommation d'uranium que par la consommation d'huile. Le coût de l'huile au Canada varie selon la situation géographique. Il y aurait peut-être moyen d'établir une centrale nucléaire. Ce travail s'est fait en collaboration avec le ministère du Nord canadien et la Commission d'énergie du Nord.

M. SLOGAN: J'ai une question à poser à propos d'un autre sujet. Le programme de réacteur au Canada est-il lié de quelque façon à la possibilité de vendre de l'uranium aux pays qui pourraient adopter notre type de réacteur? Est-ce là l'un des buts de notre tentative visant à mettre au point un type de réacteur à uranium naturel?

M. GRAY: Certainement. Si notre type de réacteur réussit, et qu'on le construise partout dans le monde, on sera ainsi stimulé à employer de l'uranium naturel. Je ne vois aucune raison possible qui puisse empêcher les producteurs canadiens d'uranium de soutenir la concurrence sur le marché mondial. Je crois que c'était tout à fait évident, hier, à la réunion de l'Association canadienne de l'énergie nucléaire, lorsque l'hon. Winters a précisé qu'il n'y avait aucune raison pour que nous ne puissions soutenir la concurrence. Par conséquent, si nous avons un bon système à uranium, qui est excellent d'ailleurs, et que nous pouvons l'implanter dans les autres pays, il est fort probable que l'uranium canadien sera utilisé. Nous sommes présentement à mettre au point une proposition par laquelle nous espérons stimuler l'emploi d'uranium canadien dans un réacteur de type canadien. Cette proposition n'est pas encore tout à fait prête à être publiée.

M. SLOGAN: J'apprécie votre réponse, mais j'aimerais un peu plus de précision du point de vue chronologique. Lorsque vous vous êtes lancés pour la première fois dans le domaine du réacteur à uranium naturel, estimiez-vous que d'autres pays adoptent ce type, et l'un de vos stimulants n'était-il pas le fait qu'il pourrait favoriser la vente d'uranium dans d'autres régions du pays, ou n'était-ce là qu'une considération secondaire?

M. GRAY: Non. C'est un fait que nous songions à cela, et nous l'avons déclaré dans divers rapports.

Le VICE-PRÉSIDENT: Avez-vous une question à poser, monsieur Brunsten?

M. BRUNSDEN: Ma question n'a rien à voir à cela.

Le VICE-PRÉSIDENT: La vôtre est-elle une question supplémentaire?

M. STEARNS: Non. Je voudrais demander quelque chose à M. Boyd.

M. BRUNSDEN: Monsieur le président, j'aimerais que M. Gray explique au Comité comment s'établissent les liens entre votre organisme et le gouvernement. Dans tout cela, c'est le gouvernement qui tient les cordons de la bourse, je présume, soit directement soit indirectement. A qui faites-vous rapport, et quelle est votre autorité supérieure dans le gouvernement?

M. GRAY: Nous faisons rapport au président du comité du conseil privé en matière de recherches scientifiques et industrielles. Le président est M. Churchill, et c'est à lui que nous faisons rapport, en tant que président du comité, plutôt qu'en tant que ministre des Affaires des anciens combattants. Lorsque nous déposons nos prévisions budgétaires, c'est M. Churchill qui le fait pour nous à la Chambre des communes, en sa qualité de président de ce comité.

M. BRUNSDEN: Je vous remercie.

M. STEARNS: Monsieur Boyd, est-ce que l'*Arthur D. Little Company*, telle qu'elle existe au Canada, dispose de moyens pour poursuivre des recherches dans le domaine de votre invention ou mise au point?

M. BOYD: Non, monsieur; à l'heure actuelle, nous ne formons qu'un bureau d'affaires, mais nous espérons, avec le temps, mettre au point une installation d'exploitation. C'était là notre intention en établissant une filiale au Canada.

M. BRUNSDEN: Pour développer un peu ce que vous venez de dire, aimeriez-vous pousser votre projet de l'avant, à supposer que vous y arriviez jamais?

M. BOYD: Plaît-il?

M. BRUNSDEN: Vous aimeriez, je suppose, pousser de l'avant et mettre au point ce type de réacteur, et je présume que vous vous attendriez à avoir de l'aide du gouvernement à cet égard? Votre compagnie à Cambridge ne voudrait financer aucun de vos projets ici, je suppose. Vous vous attendriez à recevoir de l'aide d'une source extérieure?

M. BOYD: La façon dont nous pousserions la mise au point d'un réacteur à Cambridge serait tout autre que celle dont le ferait une société de fabrication. Nous sommes des pourvoyeurs d'idées et non de matériaux.

M. BRUNSDEN: Et, dans votre mémoire, est-ce que vous poussez une idée de l'avant, ou n'en venez-vous pas à quelque chose que vous vous attendez de faire pour le compte de l'*Arthur D. Little and Company*?

M. BOYD: Je ne cherchais pas à pousser de l'avant notre réacteur au Canada. A mon avis, il doit être évident pour tous les membres du Comité que nous n'aurions guère de chance de le faire au Canada.

M. DANFORTH: Enchaînant sur ce que vient de demander M. Drysdale, je demanderais à M. Gray: estime-t-il sincèrement que si l'*Atomic Energy* avait suffisamment de renseignements pour l'incliner à croire que ce type de réacteur serait supérieur au réacteur à eau lourde, elle recommanderait que le Canada modifie sa ligne de conduite afin de pouvoir mettre au point le réacteur refroidi au gaz?

M. GRAY: Certainement. La recommandation viendrait probablement des hommes de science et des ingénieurs. Ce sont eux vraiment qui seront les premiers à recevoir les renseignements valables et précis, et il est difficile de faire faire ces gens. S'ils sont convaincus que tout autre réacteur—et M. Lewis a de nombreuses idées sur une variété de réacteurs—serait préférable pour le Canada, nous ferions certainement cela.

M. DANFORTH: Estimez-vous qu'il s'écoulerait un long délai après que vous auriez reçu de tels renseignements? S'écoulerait-il des années ou des mois avant que vous recommandiez définitivement un changement?

M. GRAY: Vous voulez dire combien de temps il faudrait?

M. DANFORTH: Oui.

M. GRAY: Eh bien, par exemple, dans le cas du réacteur NPD-1, le trou a été creusé dans le sol près de Chalk River. Une assez bonne quantité de matériel a été commandée et nous étions pas mal avancés dans la mise au point de

ce réacteur lorsque notre service d'études techniques à Chalk River nous a informés que cela ne semblait pas la meilleure façon de procéder pour l'avenir. Cela allait fort bien pour ce réacteur, mais cela n'offrait guère de chance de le mettre au point. Je ne crois pas qu'il ait fallu beaucoup plus de deux mois avant que les directeurs se rendent compte qu'il leur faudrait annuler des contrats. Je crois que le plus gros contrat s'élevait à \$200,000 ou \$300,000 pour une cuve à pression. Il a fallu de deux à trois mois, je crois. Cependant, s'il nous fallait décider aujourd'hui de suspendre la mise au point du NPD et du CANDU, je ne crois pas que deux ou trois mois suffiraient. Il existe un tas de problèmes connexes qui sont très importants, y compris celui du chômage.

M. DANFORTH: Ma question était liée au problème de la ligne de conduite définie à suivre pour l'avenir. Si votre personnel scientifique se rendait compte que l'avenir du Canada en matière de développement atomique se trouve dans d'autres réacteurs, combien de temps vous faudrait-il pour procéder aux changements nécessaires? Je ne veux pas dire laisser tomber les autres projets. Je veux dire orienter vos recherches dans un autre domaine.

M. GRAY: Cela peut se faire très rapidement. Nos directeurs prennent leur travail très au sérieux. Ce sont tous des hommes éminents au pays, et ils n'aimeraient pas se trouver dans une situation désavantageuse et se faire jouer un vilain tour. Je suis sûr qu'ils agiraient rapidement. Ce serait une décision des directeurs; une recommandation des directeurs au gouvernement.

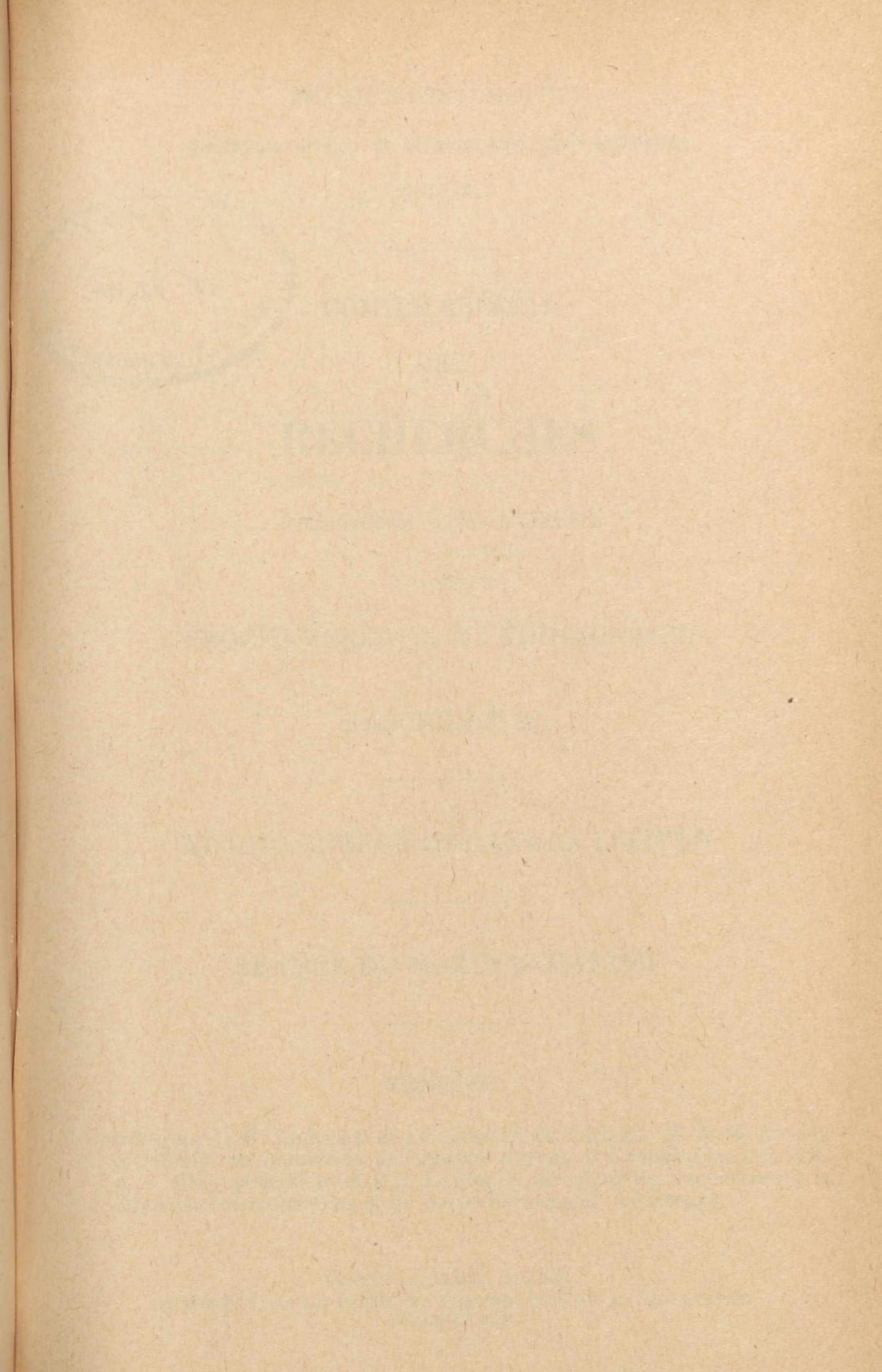
M. DANFORTH: Cela répond à ma question.

Le PRÉSIDENT SUPPLÉANT (M. Best): Y a-t-il d'autres questions? Il est plus de dix heures.

M. CROUSE: Je voudrais préciser un point. Lorsque mon collègue m'a demandé si j'avais noté quelque chose d'étrange dans l'industrie de la pêche aux pétoncles à Leyden, j'ai parlé de ce que j'ai appelé les "bosses de pétoncles". Celles-ci n'ont aucun rapport avec l'immersion de déchets radio-actifs. Ils s'agit en réalité d'une allergie, mais je n'ai pas dit cela en réponse à la question. J'estime que je devais préciser la chose maintenant.

Le PRÉSIDENT SUPPLÉANT (M. Best): Notre prochaine séance aura lieu mardi prochain, le 23 mai, à 2 h. 30 de l'après-midi et à 8h. du soir. M. le professeur Andrews, de Toronto, et M. Alcook seront ici comme témoins, et peut-être aussi MM. Gray et Boyd.







CHAMBRE DES COMMUNES

Quatrième session de la vingt-quatrième législature

1960-1961

---



COMITÉ SPÉCIAL  
DES

# RECHERCHES

*Président:* M. J. W. MURPHY

---

PROCÈS-VERBAUX ET TÉMOIGNAGES

FASCICULE 22

---

ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED

---

SÉANCE DU MARDI 23 MAI 1961

---

TÉMOINS:

Le professeur D. G. Andrews, de l'Université de Toronto; M. N. Z. Alcock, d'Oakville, en Ontario et, de *l'Atomic Energy of Canada Limited*, MM. J. L. Gray, président, et G.C. Laurence, directeur des recherches à la Division des recherches et du perfectionnement (réacteurs).

ROGER DUHAMEL, M.S.R.C.

IMPRIMEUR DE LA REINE ET CONTRÔLEUR DE LA PAPETERIE  
OTTAWA, 1961



COMITÉ SPÉCIAL DES RECHERCHES

*Président: J. W. Murphy*

*Vice-président: C. A. Best*

et MM.

Aiken  
Batten  
Bissonnette  
Bourget  
Brunsdén  
Crouse

Drysdale  
Dumas  
Forgie  
Godin  
McIlraith  
\*Nielsen

Nugent  
Pitman  
Slogan  
Stearns  
Stewart

*Le secrétaire du Comité,  
J. E. O'Connor.*

\*Remplacé par M. Anderson le vendredi 19 mai 1961.

ORDRE DE RENVOI

VENDREDI 19 mai 1961

*Il est ordonné*—Que le nom de M. Anderson soit substitué à celui de M. Nielsen sur la liste des membres du Comité spécial des recherches.

Certifié conforme.

*Le greffier de la Chambre,*  
LÉON-J. RAYMOND.



## PROCÈS-VERBAUX

MARDI 23 mai 1961.

(27)

Le Comité spécial des recherches se réunit aujourd'hui à 2 h. 36 de l'après-midi, sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents:* MM. Aiken, Anderson, Batten, Best, Bissonnette, Brunsdén, Crouse, Danforth, Drysdale, Forgie, McIlraith, Murphy, Nugent, Pitman, Slogan et Stearns. (16)

*Aussi présents:* M. D. G. Andrews, professeur agrégé de génie nucléaire à l'Université de Toronto, et M. N. Z. Alcock, d'Oakville, (Ontario); de l'*Atomic Energy of Canada Limited*: M. J. L. Gray, président; M. D. Watson, secrétaire, et M. G. C. Laurence, directeur des recherches à la Division des recherches et du perfectionnement (réacteurs).

Le président présente le professeur Andrews qui, après avoir exposé ses états de services, donne lecture d'un mémoire.

Des exemplaires d'un document intitulé «Relevé de l'enseignement et des recherches en matière d'énergie nucléaire dans les universités canadiennes, 1961», sont distribués aux membres du Comité.

M. Gray se dit d'accord avec une bonne partie du mémoire et formule des observations sur plusieurs sujets qui y sont traités.

Le Comité interroge MM. Gray et Andrews.

*Il est décidé*—Qu'un exposé des assurances que détient l'AECL soit imprimé en appendice au compte rendu des délibérations d'aujourd'hui. (*Voir appendice A.*)

A 4 h. 45 de l'après-midi, le Comité suspend sa séance jusqu'à 8 heures du soir.

### SÉANCE DU SOIR

(28)

La séance est reprise à 8 h. 06, sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents:* MM. Aiken, Anderson, Best, Bissonnette, Crouse, Danforth, Drysdale, Forgie, McIlraith, Murphy, Pitman, Slogan et Stearns. (13)

*Aussi présents:* Les mêmes témoins qu'à la séance de l'après-midi.

Le Comité interroge le professeur Andrews sur ses vues touchant les mesures de sécurité, dans le cas, notamment, des installations de Chalk River.

Le Comité interroge aussi M. Laurence sur le traitement des déchets radioactifs.

M. Gray et le professeur Andrews parlent des perspectives d'explication de l'énergie d'origine nucléaire et des capitaux nécessaires à l'essor atomique, en regard du besoin d'aide gouvernementale qu'éprouve la recherche industrielle.

M. Alcock est présenté; il expose brièvement ses vues sur l'exploitation de l'énergie d'origine nucléaire, sur le besoin d'installations d'enrichissement de l'uranium qui peuvent exister au Canada, sur la commandite de la recherche pure à Chalk River et dans les universités canadiennes et, enfin, sur la nécessité qu'il y aurait de diversifier les genres de réacteurs.

Le Comité interroge de nouveau MM. Gray, Alcock et Laurence.

A 10 h. 16 du soir, le Comité s'ajourne jusqu'au mercredi 24 mai 1961, à 2 heures de l'après-midi.

*Le secrétaire du Comité,*  
J. E. O'Connor.



## TÉMOIGNAGES

MARDI 23 mai 1961.

Le PRÉSIDENT: Monsieur, nous sommes en nombre. Nous avons parmi nous aujourd'hui le professeur D. G. Andrews, de l'Université de Toronto, ainsi que M. Norman Alcock. Comme je viens de le dire, le professeur Andrews enseigne à l'Université de Toronto; il a été le premier à donner des cours de génie nucléaire au Canada. J'ai pensé que M. Andrews pourrait nous donner lecture de son bref mémoire, d'une quinzaine de minutes et, ensuite, répondre aux questions du Comité. MM. Gray et Laurence seront tout à fait libres de poser aussi des questions à M. Andrews.

Êtes-vous consentants à ce que M. Andrews nous présente son mémoire?

M. McILRAITH: Monsieur le président, M. Andrews pourrait-il auparavant nous donner des précisions sur sa qualité de premier ingénieur nucléaire du Canada?

Le PRÉSIDENT: J'avais l'intention de demander au professeur de nous exposer ses états de services, afin que nous sachions mieux à quoi nous en tenir à son sujet.

Monsieur le professeur, comme M. McIlraith le demande, auriez-vous l'obligeance de nous donner le détail de votre nomination comme professeur de génie nucléaire à l'Université de Toronto?

Le professeur DOUGLAS G. ANDREWS (*Université de Toronto*): Monsieur le président, messieurs, avant d'aborder mon mémoire, je vais vous donner quelques détails au sujet de mes antécédents professionnels, notamment en ce qui touche le domaine d'activité au sujet duquel je suis parmi vous cet après-midi, à savoir le génie nucléaire.

Avant de venir occuper mon poste actuel, j'ai été employé durant dix ans au Service scientifique de la Marine royale du Royaume-Uni, où j'effectuais des recherches appliquées et des études de détail sur les armes sous-marines, spécialement en ce qui concerne la propulsion de ces armes, leur stabilité, leur cavitation et leur bruit. En 1949, je suis passé à l'Administration de l'énergie atomique du Royaume-Uni, plus précisément à la section industrielle qui s'occupait de l'étude, de la construction et du fonctionnement d'une central atomique. Travaillant au bureau principal, j'ai passé huit ans sur des projets de réacteurs au graphite refroidis à l'air, un projet d'usine chimique, un projet d'usine de diffusion gazeuse, des projets de génératrices nucléaires et de génératrices à neutrons rapides, m'intéressant particulièrement à la transmission de la chaleur, à la circulation des fluides et au rayonnement nucléaire.

Je servais en même temps de conseiller technique à d'autres services gouvernementaux, notamment le ministère de la Défense, à Londres.

En 1957, je suis venu au Canada occuper un poste de professeur agrégé de génie nucléaire à l'Université de Toronto, le premier à être créé dans ce domaine au Canada. Mes fonctions devaient comprendre la surveillance des travaux de construction d'une pile nucléaire à milieu multiplicateur sous-critique, la surveillance du régime d'autorisation et de l'utilisation de ce matériel, la mise sur pied des services de laboratoire voulus, l'institution de cours en génie nucléaire et la présentation de dix ou onze cours avancés pour diplômés, dans le domaine des sciences nucléaires appliquées, c'est-à-dire le génie nucléaire.

Jusqu'ici, messieurs, on n'a créé qu'un seul autre poste de cette nature au Canada, soit à l'Université McMaster, à Hamilton.

Comme renseignements d'ordre général, je puis vous dire que nous détenons un permis qui nous autorise à faire utiliser le matériel en cause; si je ne m'abuse,

c'était la première fois qu'on accordait au Canada un permis de ce genre à l'égard d'une centrale nucléaire exploitée par des civils, je veux dire par un service non gouvernemental.

Monsieur le président,

1. Au présent stade de vos délibérations, vous ne voudriez pas que je passe en revue le programme nucléaire actuel du Canada ni que je vous fasse l'historique du choix de l'uranium naturel joint à l'emploi de l'eau lourde. Vous êtes au courant des progrès nucléaires que le Canada a accomplis ces derniers temps, soit depuis les premiers travaux sur la pile au graphite, du grand homme de science canadien, George C. Laurence, jusqu'à l'avènement de la collaboration internationale du temps de guerre, l'intérêt manifesté par les Britanniques pour l'eau lourde, les piles plutonigènes au graphite et à l'eau des Américains, l'attribution au Canada du programme de piles à eau lourde, l'intervention du Conseil national de recherches dans le domaine, la construction des réacteurs ZEEP, NRX et NRU; enfin l'élaboration des plans des réacteurs NPD et CANDU.

2. On vous a mis au courant de l'organisation et de la ligne de conduite de l'AECL, des besoins futurs du pays en énergie provenant des centrales nucléaires, de l'estimation des coûts relatifs auxquels on pourrait éventuellement produire de l'énergie au Canada au moyen de réacteurs à eau lourde, à eau ordinaire, à eau bouillante et au graphite, ainsi que des perspectives quant à l'emploi de l'eau lourde dès maintenant en Ontario, bientôt dans le Canada en général et, le moment venu, dans le monde entier.

3. En ce qui concerne les possibilités de la pile à eau lourde, l'AECL vous a recommandé d'attacher beaucoup d'importance à la physique nucléaire — notamment à l'économie neutronique et au fait qu'il n'est pas nécessaire de soumettre le combustible à un besoin à long terme de traitement et d'enrichissement, au coût élevé des usines d'eau lourde, à la nécessité de réduire la corrosion et aux dangers chimiques, enfin au peu de qualité de la vapeur engendrée par les piles à eau lourde.

4. On peut résumer la situation actuelle en disant que, pour atteindre l'objectif immédiat, qui est de produire de l'énergie par des moyens nucléaires qui soient économiques en Ontario, il faut obtenir une haute économie neutronique et la possibilité de différer les frais de traitement du combustible, exigences auxquelles répond la pile à eau lourde; toutefois, il faudra faire en sorte de conserver l'avance acquise et d'étendre le projet à tout le Canada, par l'excellence de la technique, une exploitation sûre et fiable, une bonne réponse à la charge et le plein emploi de nos réserves d'uranium dans des transformations cycliques très poussées du combustible, avec couvage de nouveaux combustibles dans des génératrices à neutrons rapides, et la conversion d'éléments fertiles tels que l'uranium 238 en plutonium fissile. Si on s'oppose à l'emploi de la pile à eau lourde c'est, apparemment, qu'en raison de sa prétendue incapacité de répondre à toutes les exigences que je viens de mentionner, cette pile peut l'emporter sur les autres mais non d'une façon définitive.

5. Nos besoins d'énergie vont continuer à s'accroître d'année en année. Nous consommons, en effet, tellement d'énergie à l'heure actuelle, qu'au regard de cette consommation, la quantité d'électricité produite est plutôt faible. Lors de récentes audiences sur l'énergie, une personnalité officielle a déclaré qu'elle ne songeait pas beaucoup à l'énergie nucléaire, parce que notre programme actuel dans ce domaine ne représente qu'une infime partie de la quantité d'électricité que le pays produit présentement, quantité qui n'est elle-même qu'une mince fraction de toute l'énergie que nous consommons; cette personnalité a ajouté qu'elle ne pouvait guère tenir compte de fractions de fractions.

Il faut se souvenir, toutefois, que la majeure partie de l'énergie que nous consommons provient de combustibles fossiles, de sorte que notre production devra un jour faire appel aux éléments nucléaires ou cesser.

6. Comment l'énergie nucléaire pourra-t-elle répondre à nos besoins quand nos réserves de combustibles fossiles baisseront? D'abord et avant tout, il va se produire une énorme demande de sources bien réparties de chaleur à faible rendement. Il y aura également une demande moins considérable de sources à fort rendement de chaleur nucléaire pouvant servir aux centrales à haut rendement. Nous plaçons dans cette catégorie les six ou sept millions de kilowatts d'énergie nucléaire prévus pour 1980, ainsi qu'une quantité égale d'énergie thermique qu'on tirera des combustibles fossiles en Ontario.

7. Certains ingénieurs estiment qu'il est très heureux que les prix de l'électricité pouvant être obtenue des quatre types de piles (à eau ordinaire, à eau bouillante, à eau lourde et au graphite) soient à peu près identiques, et j'insiste ici sur l'expression "à peu près", car il semble possible de placer, par des calculs financiers n'importe lequel au sommet de la liste. Libres de choisir un type de réacteur ou l'autre, les ingénieurs peuvent faire valoir des qualités telles que l'excellence technique et la capacité de répondre à la demande, mentionnées à l'alinéa 4 du présent exposé. Pour atteindre pareils objectifs, il faudra faire beaucoup de recherches appliquées et bien des études de détail sur les problèmes particuliers au type de pile envisagé. A titre d'exemple, mentionnons les problèmes de corrosion, de choc thermique et de fuite propres au réacteur à eau lourde, ou encore les problèmes que pose l'insuffisance de la cartouche de combustible et la réaction gaz-graphite associée à l'élévation de température dans le cas du type britannique de piles au gaz carbonique et au graphite. Ces problèmes se résoudront d'autant plus rapidement qu'on multipliera les efforts à cette fin; ainsi, chaque type de réacteur pourrait être perfectionné à volonté jusqu'à la limite.

8. Quelles sont ici les limites de perfectionnement? Pour quels types de réacteur optera-t-on et à quels types faudra-t-il renoncer? Il ne fait guère de doute que les températures vont s'accroître en raison du haut rendement qu'on obtiendra (à savoir l'électricité tirée de la chaleur fournie). En outre, les charges de puissance vont augmenter, et il sera possible d'obtenir plus de kilowatts pour une mise de fonds donnée. Les réacteurs refroidis à l'eau (ordinaire, lourde ou bouillante) offrent tous de bonnes charges de puissance à basse température, mais un accroissement de leurs charges de puissance, entraînerait finalement une élévation de température.

9. A force de s'élever, la température des réfrigérants dépassera le degré auquel l'eau se transforme en vapeur quelle que soit sa pression. Toutefois, cela ne veut pas dire que les piles à eau lourde ne peuvent pas fonctionner dans de telles conditions. Il y aurait de l'eau lourde refroidie à un certain endroit et du gaz chaud (vapeur d'eau ou gaz carbonique) dans un autre, mais le problème serait alors d'empêcher ces deux éléments de se mêler. A ce point, l'utilité du réacteur à eau lourde semblerait atteindre sa limite, et ne plus pouvoir jouer que le rôle d'un petit réacteur économique, fonctionnant à basse température et servant à la production d'une quantité d'énergie faible ou moyenne, pour les applications qui n'exigent pas de sources à grand rendement de chaleur.

Vous avez sans doute eu l'occasion de prendre connaissance des projets que la Suède envisage de réaliser dans le domaine de l'énergie tirée de l'eau lourde et des piles de chauffe, projets qui constituent un programme d'avant-garde de la part d'une nation peu nombreuse mais très progressive, qui jouit d'un niveau de vie élevé.

10. Il serait possible de s'accommoder de températures plus élevées dans le cas de réacteurs à refroidissement organique et à eau bouillante, qu'on emploie-

rait à la production d'énergie moyenne et de chaleur à rendement moyen. En temps utile, le réacteur à eau bouillante produira de la vapeur surchauffée, comparable à celle qu'on obtient des chaudières alimentées aux combustibles fossiles, et il répondra alors aux exigences des grandes centrales de base. Ici, il faut songer à l'uranium enrichi plutôt qu'à l'uranium naturel.

11. Quand on aura encore accru les températures, on transformera le réacteur au graphite et au gaz présentement à l'étude au Royaume-Uni et qui fait appel à des cuves en alliage au magnésium et à refroidissement au gaz carbonique, et l'on passera à des cuves de béryllium et d'autres métaux, puis à un réacteur faisant appel à un combustible, à des cuves et à un modérateur en céramique avec refroidissement par un gaz inerte. Il y a quelques années, on ne pouvait guère parler de l'hélium comme réfrigérant, mais aujourd'hui nous pouvons songer à nous approvisionner nous-mêmes. Il est manifeste que les études de détail du réacteur à l'hélium vont s'échelonner sur un bon nombre d'années. Déjà certains pays, notamment le Royaume-Uni, se sont attaqués sérieusement à ces études. Les États-Unis, l'Allemagne et l'Euratom s'y intéressent aussi, et au Canada une étude a été faite, qui entre dans cette catégorie. Le réacteur à haute température et à réfrigérant gazeux assumera vraisemblablement le rôle d'organe générateur dans les grandes centrales de base, bien qu'il soit possible qu'il serve également de lien avec les appareils de propulsion à fort rendement, surtout en ce qui concerne les vaisseaux interplanétaires.

12. Avec le temps, l'économie de l'uranium nécessitera l'emploi accru de piles couveuses. Jusqu'ici, le Royaume-Uni est le seul pays à faire fonctionner une pile couveuse d'importance. On y utilise un combustible hautement enrichi de nature métallique ou céramique, enfermé dans un milieu non ralenti, refroidi au métal liquide, et entouré d'uranium ou de thorium fertile dont on tire du nouveau combustible. On incline à croire que ce type de réacteur va tarder à faire son apparition au Canada, parce qu'au point de vue du combustible il se compare aux réacteurs ordinaires, c'est-à-dire qui fonctionnent au moyen de la petite fraction d'uranium-235 que renferme l'uranium naturel, de la même manière que se compare notre programme nucléaire actuel à l'emploi massif de combustibles fossiles dans lequel il cherche à prendre pied.

13. Les perspectives que je viens d'indiquer se modifieront probablement dans divers pays selon la quantité d'uranium disponible, la possibilité d'obtenir des matières de rechange, celle d'enrichir ces matières et l'intérêt qu'on portera aux marchés d'outre-mer. La réalisation des objectifs envisagés dans un pays comme le Canada exigera beaucoup de travail et la coordination de bien des services gouvernementaux et industriels. Il faudra sans doute élargir les domaines d'activité des organismes voués à la mise en valeur de l'énergie atomique au Canada, ou créer de nouvelles organisations. Dans cet ordre d'idées, voici quelques propositions qui méritent peut-être considération.

14. Il y a tout d'abord la question des recherches fondamentales. L'AECL est pourvue d'une équipe d'hommes de science compétents, qui travaillent avec ardeur dans un établissement qui doit être l'un des meilleurs et des plus compacts au monde, doté d'une direction éclairée, administré par un conseil sensé et aidé, dans toute la mesure du possible, par le comité du conseil privé pour la recherche scientifique et industrielle. Depuis nombre d'années, cette équipe poursuit des recherches sur divers aspects du réacteur à eau lourde. Aujourd'hui, ces recherches de base sont terminées, et les jeux sont faits. Le premier réacteur a été construit et il commencera à fonctionner sous peu. Les réponses aux questions d'ordre physique seront obtenues du jour au lendemain, tandis que les renseignements d'ordre technique viendront avec le temps.

15. Quels problèmes de recherches s'imposent maintenant à notre attention? Outre les recherches fondamentales en chimie et en métallurgie qu'il faut effectuer en vue de parfaire les réacteurs à eau lourde et à modérateur organique, nous devons songer à créer de nouveaux systèmes de réacteurs convenant à l'économie canadienne. Pareils systèmes pourraient fort bien comprendre le réacteur à haute température et refroidi au gaz ainsi que la pile couveuse à neutrons rapides (oxyde). Si nous sommes toujours prévoyants, nous devons pouvoir tenir compte de l'évolution mondiale dans notre programme, alimenter notre industrie de l'intérieur et nous soustraire à l'obligation de mendier auprès d'autres pays. Nous devrions entreprendre des études sur les moyens de transport, en s'intéressant d'abord aux brise-glace destinés au grand Nord, en s'attaquant ensuite aux navires de surface et aux sous-marins de types spéciaux, pour examiner, après, les possibilités du transport atomique par rail.

16. De nombreux autres sujets de recherches fondamentales et d'études préliminaires nous viennent à l'esprit. Il faudrait se pencher davantage sur les moyens d'enrichir l'uranium et de réduire le coût de production de l'eau lourde. Dans le premier cas, nous serions mal avisés de supposer que nos marchés d'exportation éventuels ne réclameront que des réacteurs à uranium naturel ou des combustibles. Nous devons nous préparer à répondre à des demandes de matières enrichies, notamment d'uranium légèrement enrichi. Dans le second cas, nous avons présumé que nous pouvons acheter de l'eau lourde pour les réacteurs de type CANDU. Si le monde estime que les réacteurs à eau lourde sont sans grand avenir, nous pourrions alors nous procurer toute l'eau lourde dont nous aurons besoin, mais si le NPD est une réussite, ce dont nous sommes persuadés, et si les États-Unis décident de construire des centrales de 400 mégawatts comme le CANDU en deviendra une lui-même, ils absorberont alors toute leur production annuelle, de sorte qu'il nous faudra aménager notre propre usine d'eau lourde, ce qui doublera le coût du CANDU. Il ne faut pas laisser ces choses au hasard ni nous en remettre aux décisions d'autres pays.

17. Les universités ont apporté et vont continuer d'apporter une contribution utile dans le domaine de la recherche pure. Vous aurez à votre disposition de nombreux documents sur le sujet, mais je prends quand même la liberté de citer ici un passage d'un récent relevé de l'enseignement et de la recherche nucléaires effectué récemment par l'Association nucléaire du Canada. Il s'agit du «relevé de l'enseignement et de la recherche nucléaire dans les universités canadiennes, 1961», qu'on vous a remis, je crois.

On trouvera une longue liste d'installations et de travaux de recherche aux pages 17 à 21 mais, en résumé, on note au haut de la page 22 que plusieurs universités disposent d'appareillages de recherche considérables, et on conclut que la recherche nucléaire pure fait l'objet d'un programme satisfaisant, un total de plus de 60 projets étant mentionnés. Le tableau 15, qui suit la page 23, révèle qu'environ 15 universités sont en mesure de commanditer des recherches nucléaires en physique pure, et 8 en chimie. Ensuite, le tableau 16 fournit le détail des cours, du matériel et des projets; il reflète une grande activité dans le domaine de la recherche et de l'enseignement nucléaires théoriques. Cela présage d'un intéressant avenir en ce qui touche le recrutement de spécialistes en science pure à l'AECL et l'apport des universités canadiennes à la recherche pure.

18. Je vais passer maintenant aux besoins de recherches et d'études de détail dans le domaine pratique. Une bonne part de ses besoins est assumée par l'AECL. Mais l'AECL a-t-elle les services nécessaires à cette fin? Si elle ne les a pas, devrait-on les lui fournir? En ce qui touche la première question, l'AECL relève du comité du conseil privé pour la recherche scientifique et industrielle. En 1960, son conseil d'administration comprenait un chimiste, un physicien, quatre

représentants de commissions d'énergie, deux ingénieurs conseils, un fabricant de peinture, un banquier et le président de l'AECL, M. Gray, qui est parmi nous aujourd'hui. Le gros du personnel de l'AECL a été recruté parmi les physiciens, les chimistes, les métallurgistes et les ingénieurs physiciens du Canada; l'AECL compte aussi, mais en nombre moins considérable, des ingénieurs appartenant à diverses disciplines. On pourrait postuler que l'AECL est plus apte aux recherches de longue haleine qu'aux recherches appliquées et industrielles. On pourrait rétablir l'équilibre en nommant, par exemple, plus d'administrateurs en provenance du secteur industriel, en nommant ou en formant plus de spécialistes de l'étude technique, de la construction et de l'exploitation, et peut-être aussi en réservant tout un effectif, pas nécessairement Whiteshell, aux recherches appliquées de courte durée, qui pourrait se servir de la production de Chalk River comme matière de base à transformer en données utiles au dessinateur, au constructeur et au spécialiste de l'exploitation. Peut-être êtes-vous au courant de ce qui s'est passé récemment au Royaume-Uni, où la recherche appliquée portant sur les réacteurs et leur développement dans le secteur industriel a débuté par quelques projets épars qui se sont poursuivis dans des laboratoires installés à divers endroits; aujourd'hui, ces recherches sont confiées à un groupe important qui dispose de son propre effectif, de ses propres réacteurs et de sa propre organisation. Ce groupe a également pris en charge l'effectif de recherches avancées sur les réacteurs, qui relevait du groupe de recherches de l'Administration de l'énergie atomique. Cette mesure indique l'importance considérable de la recherche appliquée et la nécessité de la distinguer des travaux de longue haleine en recherche pure.

19. Le besoin spécial de recherches appliquées est un des deux aspects de notre programme d'énergie nucléaire. L'autre aspect réside dans la coordination des efforts de l'industrie, l'obtention de certaines matières en quantité suffisante, la détermination des objectifs et leur réalisation.

Tôt ou tard, les circonstances exigeront peut-être la nomination d'un ministre de l'énergie ou de l'électricité, capable d'exécuter avec tout la vigueur nécessaire le programme envisagé. Dans l'intervalle, on pourrait faire face à la situation en délimitant la tâche et en la confiant à quelque ministère déjà existant, dont les fonctions s'apparenteraient à celles de l'Administration de l'énergie atomique du Royaume-Uni, et qui collaborerait étroitement avec les services de recherche de longue haleine de l'AECL d'une part, et le dessinateur, le constructeur et l'utilisateur, d'autre part.

20. A cet égard, les universités peuvent jouer un rôle important en travaillant de concert avec le gouvernement et avec l'industrie. Les tableaux 15 et 16 du relevé de l'Association nucléaire du Canada montrent que l'enseignement technique et la recherche appliquée sont encore peu poussés en matière nucléaire. Peut-être jugerez-vous opportun de recommander un accroissement appréciable de cet apport au programme d'énergie nucléaire du Canada.

Merci, messieurs.

Le PRÉSIDENT: Merci beaucoup, professeur Andrews. Avez-vous des observations à faire, messieurs?

M. AIKEN: Monsieur le président, nous devrions probablement étudier les divers points de cet exposé dans l'ordre; quoi qu'il en soit, je voudrais passer tout de suite à l'endroit de l'alinéa 1 où il question de la manière dont le Canada en est venu à employer l'eau lourde. C'est un point dont je n'étais pas au courant; aussi je me demande si le témoin veut vraiment dire ce que ces mots laissent entendre. Que signifie le mot attribution dans ce cas-ci? Ne s'est-il pas agi plutôt d'un progrès de la part du Canada?

Le professeur ANDREWS: Il existe, monsieur, une vaste documentation sur le sujet. Nombres de sommités ont donné leur version personnelle des circonstances de l'évolution qui nous intéresse ici. Ces versions semblent différer quelque peu les unes des autres. Cependant, il n'est guère douteux que les Britanniques ont été conquis à l'emploi de l'eau lourde. L'homme qui détenait presque tout l'approvisionnement d'eau lourde dans l'Ouest se rendit au Royaume-Uni dès le début de la guerre et il enflamma l'imagination des scientifiques de ce pays. D'autre part, on constate que, dans les premiers temps de la guerre, les États-Unis se sont intéressés davantage au type de structure fondée sur le graphite hétérogène. Je le répète, messieurs, il s'agit là de faits historiques.

M. AIKEN: C'est le sens du mot «attribution» que je ne parvenais pas à saisir. Estimez-vous que l'emploi de l'eau lourde a été confié au Canada par quelque autorité?

Le professeur ANDREWS: Nous pourrions peut-être convenir de la formule suivante: il y a eu attribution par défaut. D'autres projets étaient à l'étude à ce moment-là, notamment celui d'un réacteur à l'uranium-beryllium naturels qu'on a déjà cru être le raccourci qui conduirait au réacteur à haute température et à grande puissance, mais qui s'est révélé si long à mettre au point.

M. GRAY: Je pense que le professeur Andrews a employé l'expression qu'il fallait. Le Canada s'est effectivement vu attribuer, ou il a convenu de se voir attribuer l'emploi de l'eau lourde vers le moment de la conférence de Québec, en 1943, où cette question a été l'un des points débattus; je pense l'avoir déjà signalé devant vous. Les Américains estimaient que l'emploi de l'eau lourde était tout indiqué, mais leur programme ne s'y prêtait pas à l'époque.

M. MCILRAITH: N'existe-t-il pas un document dans lequel M. Mackenzie brosse l'historique de l'attribution du programme d'eau lourde au Canada? Il en a été question dans les témoignages que M. Mackenzie a rendus à l'une des premières séances du Comité.

Le PRÉSIDENT: M. Aiken ne faisait pas encore partie du Comité à ce moment-là.

M. GRAY: Le programme relatif à l'eau lourde a été offert au Canada et à l'Angleterre en tant qu'équipe canado-britannique, et il fut convenu, au Canada, que nous mettrions ce programme en œuvre de concert avec les États-Unis. Nous pouvons donc dire que le programme nous a été confié.

M. AIKEN: Il s'agit bien là du fait que le programme relatif à l'eau lourde a été confié au Canada. C'est ce que je ne comprenais pas.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, vous pouvez poser des questions sur n'importe quel point de l'exposé.

M. GRAY: Si le Comité le désire, je serai heureux de lui faire mes propres commentaires. Tout d'abord, j'aimerais féliciter le professeur Andrews de son excellent exposé. Je ne crois pas que nous puissions nous en prendre à grand chose de ce qu'il a dit. Toutefois, il y aurait peut-être lieu d'atténuer l'accent mis sur certains points. Sauf erreur, nous accomplissons déjà certaines des choses que le professeur préconise. Peut-être n'est-il pas au courant, ou peut-être estime-t-il que ce que nous faisons déjà n'est pas suffisant. Permettez-moi de mentionner certains détails en particulier. Je dois dire auparavant que je souscris de tout cœur à la majeure partie de l'exposé du professeur, qu'il a très bien présenté d'ailleurs.

Le professeur ANDREWS: J'insisterais ici sur «accent».

M. GRAY: En parlant des recherches qui se font à Chalk River, le professeur n'a tenu aucun compte des travaux qui s'y effectuent en physique fondamentale. Il se fait beaucoup de travail dans ce domaine à Chalk River, travail qui devra

se continuer là, parce qu'il a trait aux gros réacteurs ainsi qu'aux accélérateurs. Cela ne signifie pas qu'à mesure que les universités s'agrandiront et qu'elles se muniront d'accélérateurs et de réacteurs plus considérables, elles ne procéderont pas à des travaux analogues. On est loin de se limiter à des recherches sur les réacteurs, à Chalk River. Ainsi que M. Elliott vous l'a dit, son équipe accomplit de très nombreuses recherches de base dans le domaine de la physique.

Je pense qu'à la dernière séance nous avons examiné à fond les chiffres que le professeur Andrews a cités au sujet du coût des usines d'eau lourde, mais je dois dire qu'il n'en coûterait pas deux fois le prix du CANDU pour aménager une usine capable de produire 100 tonnes d'eau lourde par année. Nous estimons qu'une telle usine coûterait 20 millions de dollars. Le professeur songeait peut-être aux usines pouvant produire 500 tonnes d'eau lourde par année.

Le professeur ANDREWS: Je parlais de deux CANDU entièrement au point, dont la puissance serait de l'ordre de 400 mégawatts, et j'envisageais leur construction à raison d'un par année.

M. AIKEN: Tandis que M. Gray est sur le sujet, pourrait-il nous dire ce qu'il pense de la possibilité d'obtenir de l'eau lourde de l'étranger? Quelle assurance avons-nous de pouvoir en acheter si, comme le professeur Andrews l'a justement fait remarquer, le programme relatif à l'eau lourde devient mondial? Le cas échéant, il y aura rareté de cette substance, ce qui compromettra le succès même du programme. Pourriez-vous nous donner une idée de la possibilité que nous aurions d'acheter l'eau lourde nécessaire?

M. GRAY: Le programme relatif au CANDU que nous poursuivons à l'heure actuelle fait l'objet d'une entente intergouvernementale avec les États-Unis et d'une entente entre l'AECL et la Commission d'énergie atomique des États-Unis; en outre, il s'étend au delà de la période au cours de laquelle nous aurons besoin d'eau lourde. Cela répond aux besoins qui découlent présentement de l'entente internationale.

Je pense que M. Lewis a fait observer que si les réacteurs à eau lourde gagnent du terrain, et si leur mise au point se poursuit effectivement, nous pourrions aménager une usine d'eau lourde et la mettre en service plus rapidement qu'un réacteur. La construction d'une usine d'eau lourde exige environ 18 mois, tandis qu'il faut trois ans et demi à quatre ans pour mettre sur pied une centrale nucléaire. Nous disposerions donc d'un délai très suffisant entre le moment où l'on aurait besoin d'énergie et le moment où une usine d'eau lourde pourrait commencer à fonctionner.

M. DRYSDALE: Quelle est la date d'expiration prévue?

M. GRAY: 1970.

M. BEST: Pour ce qui est de l'eau lourde?

M. GRAY: Je veux parler de l'entente conclue avec les États-Unis, qui comprend la fourniture d'eau lourde.

M. DRYSDALE: Pourriez-vous nous expliquer ces paroles? Vous avez dit que ces contrats vous mèneraient au delà du moment où le Canada aurait besoin d'eau lourde?

M. GRAY: Ce n'est pas ce que j'ai dit.

M. DRYSDALE: Alors veuillez me corriger.

M. GRAY: L'entente que nous avons présentement avec les États-Unis répond aux besoins qui découlent de notre programme actuel, qui comprend le NPD et le CANDU. Le réacteur CANDU commencera à fonctionner en 1965. Or notre entente avec les États-Unis n'expire qu'en 1970. Cependant, si c'est ce que vous pensez, détrompez-vous, nous ne nous sommes aucunement engagés à acheter de l'eau lourde des États-Unis en 1970.

Le PRÉSIDENT: Quelles quantités sont prévues dans l'entente?

M. GRAY: L'entente prévoit toutes les quantités dont nous pouvons avoir besoin aux fins de notre programme.

Le PRÉSIDENT: Du programme que vous envisagez?

M. GRAY: Précisément.

M. DRYSDALE: Est-il question d'une quantité déterminée, de tant de tonnes par année?

M. GRAY: Autant que je sache, notre entente ne prévoit aucun nombre déterminé de tonnes par année, mais les États-Unis se sont engagés à nous fournir les 200 tonnes d'eau lourde, ou un petit peu moins de 200 tonnes, dont nous avons besoin pour le CANDU.

Le PRÉSIDENT: Supposons que vous élargissiez votre programme pour y inclure la construction de deux ou trois CANDU. Qu'advierait-il de l'entente, alors? Faudrait-il en négocier une nouvelle?

M. GRAY: Non. Je suis persuadé qu'il nous suffirait d'adresser une demande à la Commission d'énergie atomique des États-Unis, qui consentirait à nous fournir l'eau lourde nécessaire à telle et telle date. Dans le cas où elle ne nous fournirait pas les quantités voulues, nous pourrions commencer tout de suite à réaliser notre propre programme de fabrication d'eau lourde.

M. BEST: Le chiffre de 20 millions de dollars que vous avez mentionné concernait-il l'aménagement d'une usine d'eau lourde au Canada, ou la production nécessaire au CANDU?

M. GRAY: Une production de deux ans suffirait à répondre aux besoins du CANDU. Cela signifie que nous pourrions aménager un CANDU tous les deux ans. Nos estimations laissent voir qu'on peut produire de l'eau lourde à l'aide d'une usine de cette importance, en utilisant une bonne source d'énergie canadienne, pour moins de \$28 la livre, avec des frais de financement de 10 p. 100.

M. BEST: Vous avez parlé d'un besoin de moins de 200 tonnes dans le cas du CANDU. Pourriez-vous nous dire à combien la déperdition peut s'élever par année?

M. GRAY: M. Lewis a mentionné, je crois, une déperdition annuelle de  $2\frac{1}{2}$  p. 100 alors que mon estimation est de 2 p. 100. A ce propos, la publication du Pont mentionne un chiffre de 3 p. 100; nous nous maintenons donc dans les mêmes limites. Cette perte est prévue dans nos estimations.

M. DRYSDALE: Vous avez parlé d'un objectif immédiat en fait d'énergie nucléaire. Quel est cet objectif, au juste? Combien de CANDU vous proposez-vous de construire? Ou qu'envisagez-vous exactement?

Le professeur ANDREWS: A quel alinéa vous reportez-vous?

M. DRYSDALE: A l'alinéa 4 de votre exposé.

Le professeur ANDREWS: On peut dire que notre objectif immédiat comporte deux phases: la découverte, puis l'exploitation du domaine conquis. Pour nous lancer dans un domaine, il faut avoir un prix théorique convenable, un projet d'usine réalisable du point de vue technique, pour lequel nous pourrions obtenir l'argent nécessaire, les dessinateurs voulus ainsi que les ingénieurs capables de procéder à la construction; ces conditions remplies, nous pouvons envisager une exploitation satisfaisante.

M. DRYSDALE: Selon vous, quel genre d'usine expérimentale faut-il? Quelle volume de production faut-il prévoir?

Le professeur ANDREWS: Une centrale à eau lourde du type CANDU semble être, comme l'a dit M. Gray, l'installation qu'il faut pour établir la possibilité de produire 400 mégawatts, chiffre qu'on envisage présentement, avec deux sections

d'une capacité de 200 mégawatts chacune et fonctionnant de pair en un même endroit. Une fois pareille centrale construite, nous prévoyons pouvoir établir cette possibilité. Ce sera la preuve qu'il est possible de recourir à des centrales nucléaires pour produire de l'électricité à prix de concurrence.

M. DRYSDALE: A combien de millièmes de dollar le kilowatt?

Le professeur ANDREWS: Il y aura inévitablement beaucoup de discussion au sujet de la dernière décimale,—ce sera entre cinq et six. A mon sens, il serait bien difficile et même quasi insensé de prévoir un chiffre exact. Pour ma part, je dirais que lorsqu'on approche de cinq ou même, comme le cas s'est présenté, de six vers cinq, c'est à peu près juste.

M. DRYSDALE: En quelle année pensez-vous que cela se produira?

Le professeur ANDREWS: Ce n'est pas l'année que je puis envisager qui compte; c'est l'année où nous, au Canada, pourrions atteindre ce stade-là et, comme M. Gray l'a dit, cela se produira peut-être lorsque nous aurons terminé l'aménagement de la section de 200 mégawatts du CANDU.

M. DRYSDALE: Pouvez-vous nous dire quelle est la situation aux États-Unis en ce qui concerne les génératrices nucléaires? Combien y coûtent-elles? A combien reviendrait le kilowatt-heure, d'après les plus récents calculs?

Le professeur ANDREWS: Il est difficile de préciser un prix, car les prix se rattachent nécessairement à l'économie de chaque pays, à la facilité qu'il a de se procurer des matières premières, à la demande qui s'y fait sentir, à sa compétence technique ainsi qu'à l'attitude qu'il adopte au sujet de la production d'électricité au moyen de centrales nucléaires.

M. DRYSDALE: Quelles sont vos vues là-dessus?

Le professeur ANDREWS: Un rapport a paru récemment—je n'en ai pas d'exemplaire, mais peut-être M. Gray en dispose-t-il d'un—où l'on expose ces principes adaptés à l'économie canadienne traitée en fonction de la situation dans laquelle se trouve présentement l'Ontario. Je n'ai pas ce rapport en main, mais peut-être pouvez-vous vous en procurer des exemplaires. Les chiffres en question y figurent.

M. DRYSDALE: Qu'il me soit permis de signaler alors qu'une autorité reconnue, la revue *Time*, a déclaré qu'au début du programme de construction de génératrices nucléaires aux États-Unis, le prix s'établissait à environ 65 millièmes de dollar le kilowatt-heure, et que dans le cas du plus récent appareil—je regrette de ne pas avoir le *Time* sous la main—c'était 15 millièmes de dollar le kilowatt-heure.

Le professeur ANDREWS: La revue en question parlait des installations qui utilisent l'eau sous pression. La question est de savoir quelle partie des frais d'établissement, y compris le coût du parterre, doit servir au calcul du prix réel du kilowatt-heure dans le cas d'une centrale de ce genre. Si l'on construit une centrale modèle pourvue de salles en marbre, cela en augmente évidemment le prix, et si on a déjà dépensé 100 millions de dollars sur le plan technique, cela vient aussi s'ajouter au prix. C'est pourquoi les prix mentionnés dans la revue en question sont relativement élevés, 40 à 65 millièmes de dollar le kilowatt-heure, dans le cas du seul prototype, prix appelés à diminuer au fur et à mesure que des perfectionnements seront apportés. J'imagine que le prix du kilowatt-heure baisserait à moins de quinze et à moins de 10 millièmes, peut-être à moins encore, dans le cas d'une structure de coût différente. En Ontario, le prix pourrait baisser à moins de 10 millièmes, plus rapidement qu'aux États-Unis, pour s'établir tôt ou tard à quelque sept millièmes.

M. DRYSDALE: La Commission américaine d'énergie atomique a signalé un taux de 75 dans le cas des réacteurs à eau lourde, à 6.75 millièmes le kilowatt-heure. Comment cela se compare-t-il aux données canadiennes?

Le professeur ANDREWS: D'une façon générale, j'incline à croire que les réacteurs à eau lourde qui, aux États-Unis, peuvent produire de l'énergie à 6.75 millièmes, en produiraient ici pour moins de 6 millièmes.

M. DRYSDALE: Ce serait la façon dont les prix se compareraient. Vous avez signalé qu'il faut pousser l'exploitation des combustibles fossiles. Quelles seraient, selon vous, les exigences du CANDU en fait de combustible fossile?

Le professeur ANDREWS: On ne se rend pas compte, en général, de l'ampleur qu'atteint notre consommation de combustible fossile à d'autres fins que la production d'électricité. Notre production d'électricité correspond, je crois, à 1 p. 100 plutôt qu'à 10 p. 100 ou 100 p. 100 de cette consommation. Quoi qu'il en soit, les réserves vont finir par s'épuiser.

M. DRYSDALE: Vous vous êtes prononcé. Quelles sont vos prédictions au sujet du programme canadien, c'est-à-dire au sujet du type de réacteurs à mettre au point et des endroits où il faudrait en installer? Vous avez fait une déclaration qui appelle des précisions.

Le professeur ANDREWS: Il y aura un moment optimum pour réaliser ces projets. Nous sommes encore loin du moment où il est certain que nous manquerons de ces produits, je veux dire de combustibles fossiles.

M. DRYSDALE: Quand se produira le moment optimum, d'après vous?

Le professeur ANDREWS: D'ici à quinze ans.

M. DRYSDALE: Avez-vous songé aux régions canadiennes où il faudrait réaliser des projets nucléaires?

Le professeur ANDREWS: Ces régions s'étendraient d'abord vers l'ouest, depuis l'Ontario; viendraient ensuite les secteurs de la côte ouest et peut-être Terre-Neuve; la Nouvelle-Écosse viendrait plus tard, en raison des ressources dont elle dispose encore en fait de combustible fossile. Certains secteurs du Québec septentrional viendraient également plus tard par suite des ressources hydro-électriques qui n'y sont pas encore mises en valeur. Mais le premier changement général s'opérera à partir de l'Ontario vers l'ouest, selon moi.

M. DRYSDALE: A quel genre de combustible songez-vous pour l'avenir, à l'uranium naturel ou à l'uranium enrichi?

Le professeur ANDREWS: Au départ, nous ferons bien d'employer l'uranium naturel; je parle ici des quelque dix prochaines années. Cependant, il nous faudra sans doute recourir, le moment venu, à l'uranium enrichi. J'en suis fermement convaincu.

M. DRYSDALE: Vous estimez donc que ce n'est qu'une question de temps pour qu'on en vienne à construire au Canada une usine d'uranium enrichi et une usine d'eau lourde? C'est une question d'opportunité, n'est-ce pas?

Le professeur ANDREWS: C'est une question d'opportunité; je ne doute pas le moindrement qu'il faudra construire pareilles usines.

M. DRYSDALE: Avez-vous songé à l'endroit où il conviendrait d'aménager une usine d'uranium enrichi au Canada et à la manière dont il faudrait procéder?

Le professeur ANDREWS: Au point de vue de la production d'électricité, s'il s'agit de placer le combustible dans un conteneur, le meilleur choix qu'on puisse faire est l'uranium 235, qui rapporte cinq pour un.

M. DRYSDALE: Et l'emplacement de l'usine?

Le professeur ANDREWS: Pour ce qui est de l'emplacement, divers endroits semblent convenir du point de vue technique, mais non au point de vue des lignes de conduite provinciales. J'entends par là que tel cours d'eau de la Colombie-Britannique pourrait se prêter parfaitement à la construction d'une usine d'enrichissement de l'uranium 235 contenu dans l'uranium naturel, par le procédé de la

diffusion, mettons. Pareille usine serait nécessaire dans une centrale génératrice. Cette installation considérable, d'une capacité d'un million de kilowatts, serait alors créée dans une région assez éloignée. Elle exigerait de grosses immobilisations. Bien entendu, on pourrait toujours aménager de plus petites usines. Rien ne nous obligerait à construire une usine d'un milliard de dollars, comme on en a fait aux États-Unis. On pourrait en construire une de 100 millions de dollars ou moins. Toutefois, comme il s'agirait d'une production d'énergie concentrée et de charge concentrée, on pourrait s'opposer au projet en alléguant qu'il ne servirait en rien à la mise en valeur de la région choisie. Une province en plein essor comme la Colombie-Britannique désirerait l'aménagement de centrales qui fourniraient de l'énergie aux industries et aux villes d'une vaste région ainsi qu'à la population de cette région; en outre, il faudrait que l'économie de la province s'en trouve améliorée. Ce ne serait pas le cas d'une usine du type envisagé ici. L'exploitation de ce type d'usine ne demanderait qu'un petit personnel et ne contribuerait pas à l'expansion de la province. C'est là une des principales objections qu'on élève contre l'aménagement d'une telle usine dans une province de ce genre.

M. DRYSDALE: Quoi qu'il en soit, vous croyez que cela devra se faire, peu importe la province où se situera l'usine?

Le professeur ANDREWS: J'en suis convaincu.

M. DRYSDALE: Est-ce maintenant qu'il faudrait commencer à s'organiser en vue de l'aménagement de telles usines d'uranium enrichi et d'eau lourde?

Le professeur ANDREWS: Pour le moment, il convient d'y songer et non de se mettre à les construire. Toutefois, il faudra effectivement passer à l'action d'ici dix ans.

M. GRAY: J'avais commencé à formuler des observations au sujet de l'exposé. Pourrais-je continuer, maintenant?

M. DRYSDALE: Eh bien, monsieur le président, puisque nous y sommes, peut-être pourrions-nous procéder alinéa par alinéa. Si M. Gray examine tout l'exposé maintenant, il nous faudra revenir sur les divers alinéas. Je proposerais donc que M. Gray procède par alinéa.

Le PRÉSIDENT: Qu'en dites-vous, monsieur Gray? Voudriez-vous faire des remarques au sujet de l'alinéa 4, ou de tout autre alinéa antérieur?

M. SLOGAN: Je me demande s'il est vraiment nécessaire que M. Gray examine tout le texte. A mesure que nous avancerions dans l'étude de l'exposé, nous pourrions, au besoin, poser des questions à M. Gray.

Le PRÉSIDENT: M. Gray est ici en tant que président de l'*Atomic Energy of Canada Limited*; il lui faut se sentir libre de commenter tout alinéa de l'exposé ou tout point pouvant être soulevé. Nous désirons des éclaircissements, et c'est pour nous en donner que ces personnes sont ici. Avez-vous des observations à faire, monsieur Gray, au sujet des quatre premiers alinéas?

M. GRAY: Aucune, sauf pour dire que je suis d'accord avec le professeur Andrews au sujet des précisions qu'il a fournies à M. Drysdale.

M. BEST: En ce qui concerne le paragraphe 4, vous disiez donc, monsieur le professeur, que le modèle de réacteur que vous êtes en train de mettre au point semble être le meilleur dans ce domaine à l'heure actuelle, mais qu'il n'est peut-être pas capable de tenir le coup. Vous l'avez exposé dans certaines de vos observations à l'intention de M. Drysdale. Si l'on devait l'emporter dans le sens économique, alors que nous aurions, mettons, une capacité de 400 mégawatts pour le CANDU, dois-je comprendre qu'à votre avis, il nous faudrait, pour soutenir la concurrence, un procédé un peu plus efficace? S'agirait-il du rendement accru des usines thermiques actionnées au combustible fossile, ce qui permet-

trait, dans un certain temps, au réacteur CANDU de mieux soutenir la concurrence.

Le professeur ANDREWS: Mon opinion se fonde sur les progrès auxquels on s'attend de la mise au point technique des réacteurs nucléaires dans le monde entier et sur la possibilité de se procurer les résultats de ces mises au point au Canada, et à l'*Atomic Energy of Canada Limited*. Cela veut dire que, si cette mise au point continue sur une échelle encore plus grande... Je crois d'ailleurs en avoir parlé plus loin: la mise au point n'est qu'une question de fonds, de main-d'œuvre et de cerveaux utilisables pour la science. Il s'agit de se servir des réacteurs, de les éprouver et de les faire fonctionner dans les circonstances les plus variées, et aussi de faire des expériences dans des usines plus importantes. Si l'on tient compte de tous ces aspects on obtiendra peu à peu l'accroissement progressif du rendement éventuel.

Le chef du projet industriel britannique, sir Christopher Hinton, dont vous avez peut-être déjà entendu parler, a exprimé son idée à ce sujet lors de l'inauguration du réacteur de Calder Hall. Il a dit, et la reine Elisabeth l'a approuvé, qu'ils n'étaient pas en train d'inaugurer l'ultime perfection en réacteurs, ou en stations énergétiques, mais plutôt un prototype pour l'époque, et qu'ils en construiraient d'autres toujours meilleurs et plus utiles. C'est, d'ailleurs, ce qu'ils font, et nous ferons de même.

M. BEST: Quand vous parliez de soutenir la concurrence, vous pensiez à la concurrence des autres modèles de réacteurs nucléaires, plutôt qu'à l'efficacité accrue des sources de courant traditionnelles?

Le professeur ANDREWS: Je pense aux limites que comporte la mise au point technique de modèles déterminés de réacteurs. Je l'ai mentionné plus loin dans mon mémoire. Cette limite se produira plus tôt avec cette catégorie de réacteur qu'avec les réacteurs à gaz. Cela ne signifie pas que mon mémoire favorise ce modèle plus qu'un autre. Ce que je dis signifie qu'il atteindra un point où tout indique plutôt l'expansion ultime du réacteur à gaz à haute température, qui pourra, un jour, être mieux équilibré.

M. BEST: Vous dites que nous devrions plutôt penser aux possibilités d'enrichissement de l'uranium au Canada, et que, d'ici dix ans, nous devrions faire plus qu'y penser. Est-ce bien là votre sentiment?

Le professeur ANDREWS: C'est en effet ce que je pense.

Le PRÉSIDENT: M. Gray, j'ai une question qu'on ne vous a pas encore posée, pour autant que je me souviene. Ce que vous avez au lac Huron est une pile à 200 mégawatts. Voudriez-vous dire au Comité si, en construisant une usine de 400 mégawatts, par opposition à celle de 200, on aurait obtenu du courant à meilleur marché?

M. GRAY: Il n'y a aucun doute qu'en construisant une pile de 400 mégawatts, au lieu de 200 mégawatts, la mise de fonds par mégawatt sera moins élevée. Mais nous avons eu l'impression que le placement que représentait une station de 200 mégawatts à plein rendement, était déjà assez considérable.

Le PRÉSIDENT: Je le sais. Mais êtes-vous d'avis qu'une plus grande productivité réduirait le coût de revient?

M. GRAY: Je crois qu'il n'y a aucun doute à ce sujet.

M. PITMAN: Monsieur le président, je n'aimerais pas trop m'étendre sur ce point. Mais il me semble que c'est là une des questions les plus importantes que le Comité doit étudier, c'est-à-dire celle de savoir pourquoi vous estimez que la limite est si basse pour le modèle de réacteur à eau lourde, et pourquoi vous pensez qu'elle soit tellement plus élevée pour tous les autres modèles?

Le professeur ANDREWS: Comme je crois l'avoir mentionné plus loin, au paragraphe 9 du mémoire, que vous voudrez peut-être consulter plus en détail tout à l'heure, les températures augmenteront en proportion des améliorations techniques. Nous dépasserons, en fin de compte, la température à laquelle l'eau peut être maintenue à l'état liquide. Avec le modèle de réacteur à eau, on obtient un réacteur à gaz, si on relève fortement la température.

M. PITMAN: Vous voulez dire qu'il s'agit, en quelque sorte, de vapeur? Est-ce bien ce que vous venez de dire?

Le professeur ANDREWS: En effet, si l'on s'en tient aux normes mécaniques. Cela équivaldrait à employer ce qu'on pourrait appeler une chaudière moderne. A mesure qu'on fait monter la température, les pressions mêmes augmentent le volume de travail qu'on peut en obtenir. On l'améliorera sans doute en adoptant plus tard d'autres réacteurs à eau lourde. Mais, là encore, on constatera les mêmes limites.

M. PITMAN: Je vois. Vous avez mentionné les dangers chimiques. Pourriez-vous être un peu plus précis à cet égard?

Le professeur ANDREWS: M. Gray peut nous en parler. Je crois, en effet, qu'il a exposé auparavant une partie du principal programme technique et métallurgique, à long et à court terme, qu'entreprenait l'*Atomic Energy of Canada Limited* à Chalk River. Il me semble que, dans les cercles scientifiques, on estime de plus en plus qu'avec le modèle de réacteur à eau lourde, les problèmes seront, du moins dans l'avenir immédiat, de nature chimique et métallurgique, qu'ils auront trait aux réactions chimiques corrosives, aux panes de radiation et ainsi de suite, plutôt qu'aux problèmes que pose l'emploi de la radiation. Ils se rapportent par exemple, aux questions de relations publiques, aux usines vendant du courant, à la sécurité, etc. Les problèmes majeurs seront d'ordre chimique et métallurgique. Mais les dépenses qu'on fera pour les recherches et les mises au point permettront, en fin de compte, de résoudre tous ces problèmes. Il s'agit de savoir jusqu'à quel point vous êtes prêt à vous occuper d'un problème déterminé.

M. GRAY: Il y a, dans les observations du professeur Andrews, deux points qui devraient, à mon avis, être absolument précisés. Il s'en rend compte, j'en suis certain. Mais je ne suis pas sûr que le reste des assistants le pensent aussi. D'abord, les problèmes des réactions refroidissantes, de la corrosion, et ainsi de suite ne se posent pas couramment pour les seuls réacteurs à eau lourde. Ils se posent aussi dans le cas des réacteurs à gaz. Parfois on rencontre des problèmes encore plus difficiles pour les réacteurs refroidis au gaz en raison des températures très élevées.

L'argument que semble avancer le professeur Andrews était qu'à son avis il ne semblait pas y avoir de place pour la mise au point de réacteurs à eau lourde, ou du moins autant de possibilités que pour les réacteurs à gaz. Or, je pense que nous ne partageons pas cet avis. En réalité, nous n'estimons pas que les réacteurs à gaz iront beaucoup plus loin que nos réacteurs actuels à eau lourde. Nous nous attendons à obtenir des températures plus élevées avec ces derniers. J'ai déjà expliqué que nous passerons probablement au refroidissement à la vapeur et, le cas échéant, nous en arriverons ainsi aux réacteurs à gaz. C'est ce que nous faisons, et c'est bien là notre intention.

M. PITMAN: Apporteriez-vous quelque changement fondamental à votre modèle de réacteur quand vous remonterez les températures au point de le transformer en réacteur à gaz?

M. GRAY: Pas en principe. On commence par un réacteur à eau lourde. Puis on modifie les diverses matières et, dans certains cas, on emploie un combustible partiellement enrichi. Il s'agit donc là, pour ainsi dire, d'un réacteur de double nature.

M. PITMAN: Ces divers réacteurs ne sont donc pas absolument distincts parce qu'il est possible d'en combiner certains aspects ou caractéristiques. Dans un certain sens, on obtient parfois un modèle qui comporterait les caractéristiques de deux ou trois différentes sortes de réacteurs?

M. GRAY: Il est certainement possible de le faire. J'ai déjà mentionné que les Russes employaient de l'eau pour leurs réacteurs de graphite. Je crois que personne d'entre nous n'approuve cette façon d'envisager le problème, mais il est possible de combiner bon nombre de ces modérateurs avec les refroidisseurs les plus divers. Nous estimons avoir atteint la combinaison de possibilités qui convient le mieux à notre programme actuel.

M. SLOGAN: Monsieur le professeur, vous avez mentionné que, d'après les hommes de science, nous nous dirigerions en dernier lieu vers le modèle de réacteur à l'uranium enrichi. Je vous demanderai ceci: estimez-vous que les pays qui n'ont pas eux-mêmes établi de programmes, mais qui s'intéressent à l'acquisition de réacteurs, préféreront peut-être, au début, placer leurs capitaux dans les réacteurs à uranium enrichi que dans ceux qui utilisent l'uranium à l'état naturel?

Le professeur ANDREWS: Quand un autre pays que le Canada a l'intention de s'engager dans les affaires nucléaires, il doit d'abord présenter certaines caractéristiques. Il lui faut, par exemple, avoir une certaine préparation technique. Autrement, il serait impossible de construire ou de faire fonctionner cet équipement. Le pays en cause doit aussi avoir une industrie, sinon l'énergie ne peut l'alimenter. Il y a bon nombre de pays au monde qui pourraient acquérir demain un réacteur, mais celui-ci ne serait qu'un jouet. En outre, ils ne peuvent se permettre d'en payer le prix.

Une chose est élémentaire: c'est d'adapter le réacteur aux conditions qui règnent dans un pays déterminé, dont les concepts sont différents, ou s'inspirent du principe régional. Peut-être dans les phases finales, un pays dont l'économie n'est que partiellement développée pourrait-il se dire: «Ce réacteur à l'uranium naturel est maintenant construit. J'en acquerrai un pour voir ce qu'il donnera. Somme toute, je n'aurai pas besoin de me procurer mon uranium enrichi de cette source-là. Je puis en obtenir n'importe où dans le monde, parce qu'il semble y avoir surabondance de ce produit. D'ailleurs, le Canada ne peut vendre tout ce qu'il produit, et nous pourrions donc lui imposer notre prix.»

Toutefois, ce pays, en acquérant une compétence technique toujours plus grande, pourra se dire un jour: «Nous cherchons maintenant un modèle plus compliqué, plus raffiné. Nous avons maintenant des besoins différents et plus complexes, auxquels pourrait répondre un réacteur de ce genre. Nous avons acquis une certaine compétence dans le domaine technique. Libérons-nous donc de cette source d'uranium naturel en adoptant les réacteurs à l'uranium enrichi. Examinons un peu les six ou dix différents modèles existants.»

Au début de l'expansion technique d'un pays, ses dirigeants pensent en termes simples et veulent se considérer comme un peuple progressiste. L'idée de n'avoir qu'un modèle de réacteur, alimenté à l'uranium naturel, peut avoir pour eux un certain attrait au début. Mais, à mesure que leurs besoins se compliquent, ils cherchent à obtenir l'indépendance qu'ils associent à l'adoption de l'uranium légèrement enrichi. Pareille façon de procéder ne peut signifier que l'une de deux choses: extraire de l'uranium 235 au moyen d'appareils diffuseurs ou centrifuges, à partir de l'uranium naturel, ou encore extraire de l'uranium 238, ce qui est utile, parce que le réacteur ne courra aucun danger. L'U-238 est le combustible. Tout pays qui s'occupe depuis assez longtemps des questions nucléaires, peut commencer à accumuler du plutonium, qu'il est possible d'utiliser pour «saler» ou renforcer les futures réserves de combustible dont il dispose à

l'intérieur de ses frontières. Il peut aussi acheter de l'uranium naturel à l'étranger. La nation dont il s'agit devient donc indépendante, et peut continuer à actionner son réacteur à l'uranium naturel.

C'est une situation dans laquelle voudraient être beaucoup de pays, c'est-à-dire n'avoir ni à construire de grande usine d'enrichissement, ni à acheter de l'uranium enrichi outre-mer, mais plutôt constituer, à partir de zéro, le complexe d'uranium naturel qui servira un jour à générer le plutonium, et qui, en temps voulu, enrichira n'importe quelle réserve de combustible. Ils finiront par adopter un système de réacteur surgénérateur qui multipliera au centuple le rendement d'énergie d'une tonne d'uranium. En fin de compte, le pays en cause ne dépendra que de lui-même, et le système de réacteur enrichi produira son propre enrichissement. A mon avis, c'est ainsi que voudront procéder un certain nombre de pays économiquement faibles à l'heure actuelle.

M. SLOGAN: Vous ne pensez donc pas que le genre de programme que nous mettons en voie dans le cadre de ce projet général serait une solution pour d'autres pays?

Le professeur ANDREWS: Je ne puis me faire le porte-parole de l'industrie de l'uranium. Mais je dirai que rien que nous puissions faire dans le cadre de notre programme canadien, les dix prochaines années, ne pourra l'aider. Le grand essor qu'a pris notre industrie de l'uranium résultait—il faut regarder les choses en face, monsieur le président—de l'énorme demande de matériel destiné à l'armement.

M. SLOGAN: Je ne pensais pas tant à l'industrie de l'uranium qu'à l'usage que d'autres pays pourraient faire du modèle de réacteur que nous produisons. Peut-être M. Gray voudrait-il faire quelques observations à ce sujet.

Le professeur ANDREWS: Je dirai peut-être que le réacteur d'uranium naturel qui est aujourd'hui sur le marché pourrait prendre plusieurs formes. Il pourrait répondre au concept du Royaume-Uni, celui d'un réacteur en graphite refroidi au gaz, ou au concept canadien du réacteur à eau lourde activé à l'uranium naturel. Les deux sont à base d'uranium naturel.

Si nous voulons tenir le coup sur le marché mondial, il faudra faire concurrence au Royaume-Uni. Celui-ci a vendu ses réacteurs au Japon, et ils fonctionnent bien. Dès que nous en aurons un en état de fonctionner, nous pourrons en vendre. Ils formeront le premier élément d'une expansion technique majeure dans n'importe quel pays, et j'estime que c'est ainsi qu'il faudrait les considérer.

M. BEST: Savez-vous combien de réacteurs à l'uranium naturel le Royaume-Uni a vendus?

Le professeur ANDREWS: Il y en a un au Japon, et un en Italie du nord. Il y en a peut-être davantage.

M. GRAY: Il s'agit de deux, pour autant que je sache. Je me permettrai également de dire que je partage l'avis du professeur Andrews. Pour une nation qui se lance dans l'exploitation de l'énergie nucléaire—et la chose s'applique à la plupart des pays—la simplicité du cycle de forte combustion de l'uranium naturel est fort intéressante et présente un grand attrait. Même le réacteur à gaz et au graphite du Royaume-Uni dont le cycle part de l'uranium naturel est loin d'intéresser autant les acheteurs parce qu'ils doivent conclure quelque entente pour l'achat ou la transformation du combustible, parce qu'ils ne peuvent par un seul procédé tirer du combustible régulier qui passe par le réacteur assez d'énergie pour que l'opération réponde aux principes de l'économie. Par conséquent, et ainsi que je l'ai déjà dit, dès que la pile NPD marchera bien, je m'attends à ce que l'intérêt s'accroisse d'un coup dans le monde entier pour les réacteurs à haute combustion à l'uranium naturel. Or, il se trouve que nous avons le meilleur.

M. BATTEN: Monsieur le professeur, quand vous parlez de vapeur, au paragraphe 3, à quelle caractéristique de la vapeur pensez-vous?

Le professeur ANDREWS: Plus la vapeur est de haute qualité, plus la capacité sera grande. La qualité de la vapeur se mesure virtuellement d'après sa température et sa pression. Une fois que la vapeur est surchauffée, si elle est mouillée et contient beaucoup d'eau, il faut tenir compte de cette humidité. La sécheresse de la vapeur est un élément, quand il s'agit de vapeur mouillée. Mais s'il s'agit de vapeur surchauffée, la seule, en réalité, que le spécialiste en turbine trouvera intéressante, il sera très difficile de la produire dans un réacteur nucléaire à l'heure actuelle. Je ne veux pas dire que nous n'acquerrons pas la compétence technique nécessaire pour produire de la vapeur surchauffée dans un réacteur nucléaire un jour ou l'autre, mais nous n'avons pu, jusqu'ici, ébaucher ce procédé en raison de toute une série de difficultés techniques. Le surchauffage nucléaire est un travail compliqué. Il est, en effet, très difficile de produire de la vapeur pour ainsi dire sèche. Dès que notre vapeur entre dans une turbine, elle devient humide.

Un ingénieur de profession qui ferait fonctionner ces dispositifs, aime toujours voir la vapeur très surchauffée au début traverser tout le dispositif avant de devenir de la vapeur humide.

M. GRAY: Je partage l'avis du professeur Andrews. Mais je voudrais soulever un point au sujet de l'efficacité du réacteur à gaz qu'on est en train de construire en Grande-Bretagne et qui est le modèle le plus avancé de tous les réacteurs à gaz de toutes dimensions du monde entier. Le rendement net de la station est de 28 p. 100, en tenant compte de tout. Le réacteur CANDU, a un rendement net de 29.1 p. 100. Nous sommes tous d'accord pour dire que les refroidisseurs à température élevée seraient un bon objectif. Mais, une fois qu'on commence à se servir du gaz, il faut beaucoup d'énergie coûteuse pour le pomper. Nous nous attendons que le réacteur à gaz avancé ait dans l'ensemble, à la station même, un rendement plus élevé que si l'on utilisait des réacteurs à eau lourde, mais, en réalité, nous n'en sommes pas sûrs.

M. BEST: Mais vous étudiez ces problèmes?

M. GRAY: Oui.

M. DRYSDALE: Au paragraphe 4 de votre mémoire, vous dites:

Il semblerait que l'opposition contre le réacteur à eau lourde se fonde sur l'impression qu'étant incapable de répondre à ces dernières conditions, il se révélera comme un modèle qui peut donner de bons résultats, mais ne pourra tenir le marché.

Quelle est l'opposition dont vous parlez? Est-ce là votre opinion personnelle, ou de quoi s'agit-il?

Le professeur ANDREWS: Je tiens à souligner que mon opinion personnelle est celle d'un professeur d'université qui enseigne tous les aspects de l'énergie nucléaire, tout en émettant quelques idées personnelles au sujet des événements qui se produiront à cet égard au Canada, avec ou sans pression de la part du gouvernement, avec ou sans aide, ou encouragement de la part du public. Malheureusement, jusqu'ici, une bonne partie de notre expansion nucléaire s'est, comme je le soupçonne, produite plutôt en dépit qu'en conséquence de l'opinion publique. Je pense aux observations—parfois publiées dans les journaux—des ingénieurs qui craignent la possibilité de rencontrer des problèmes insurmontables, surtout de nature chimique et métallurgique, à une étape ultérieure de la mise au point de ce modèle de réacteur, ce qui limiterait son progrès.

Au lieu de dire que ce genre d'équipement ne fonctionnera pas, je crois plutôt qu'il marchera bien. Je crois que ces critiques se fondent sur la mise au point de ces dispositifs seront à l'avenir.

M. DRYSDALE: Vous avez fait une affirmation à laquelle quelqu'un s'oppose. Ce qui m'intéresse, c'est que vous êtes le témoin et que votre appréciation de ces affirmations ne nous dit pas grande chose.

M. BEST: Le professeur Andrews m'a répondu d'une façon assez détaillée lorsque je posais la même question il y a quelques instants.

Le professeur ANDREWS: Puis-je terminer l'étude de ce point en disant qu'à mon avis, vous avez fait un effort pour entendre tous les points de vue à ce sujet. Vous ne serez sans doute pas sans avoir entendu une ou deux observations pertinentes. Quand on se rend d'un pays à l'autre, on trouve toujours que le programme adopté par la nation en cause y est considéré comme le meilleur qui soit. Par exemple, le Royaume-Uni estime que son réacteur refroidi au gaz est le meilleur de tous. En se déplaçant et en s'entretenant avec diverses personnes, on recueille des opinions et des points de vue différents. On entendra des critiques et de l'approbation. Mais j'estime que, dans ce cas-ci, la critique n'est pas dirigée contre le réacteur à eau lourde en temps que moyen permettant de pénétrer dans le domaine du courant à bon marché en Ontario. On croit plutôt que nous avons peut-être sous-estimé certains des problèmes de nature chimique et métallurgique et que nous ne nous rendons pas compte des limites, ou de la possibilité qu'il y ait des limites, à toute avance future dans ce domaine. En général, je ne crois pas que la critique vise la possibilité de créer de l'énergie à tant et tant de millièmes par kilowatt-heure.

M. DRYSDALE: Si j'ai fait répété, je le regrette, mais j'essayais de faire ressortir qu'en tant que Comité, nous tenons à avoir votre opinion fondée sur votre expérience d'universitaire. Je suis sûr que nous obtiendrons une évaluation objective du sujet. Mon idée c'est qu'une simple déclaration au sujet de la nature des problèmes existants n'avance pas beaucoup la solution de ceux dont nous sommes saisis.

Le professeur ANDREWS: Je souligne que je n'ai pas eu l'intention de formuler une simple déclaration ne permettant pas d'évaluer la situation actuelle. Mais cette critique est dirigée, dirais-je, contre l'opinion qui voit des limites à l'expansion.

M. DRYSDALE: Mais vous n'approuvez pas cette opinion.

Le professeur ANDREWS: Dans une certaine mesure. Comme je l'ai déjà signalé, toute cette entreprise a des limites à mon avis. La question qui se pose est celle de savoir si nous pouvons réussir à lancer un programme dans ce cadre limité. Notre programme s'en tiendra à ces limites. A mon avis, il aurait un très grand avenir s'il n'était pas assujéti à ces plafonnements et à ces restrictions. Mais il a quand même un certain avenir.

M. DRYSDALE: Si j'ai abordé ce point, c'est que la déclaration ne me semblait pas très claire.

M. GRAY: Nous reconnaissons que chacun de nos modèles a des limites. Je crois que nous l'emporterons et que nous tiendrons le coup pendant un certain temps. Mais de là à déclarer que nous pourrions éternellement soutenir la concurrence avec ce premier modèle de réacteur serait bien loin de notre idée. Nous tâchons de mettre au point un modèle de réacteur qui sera à notre avis, tout aussi bon, et pourra faire concurrence à n'importe quel autre. Nous estimons qu'utilisé au Canada et dans certaines autres régions du monde, ce genre de réacteur ne le cèdera à aucun autre dont on puisse attendre la mise au point.

Je partage l'avis du professeur Andrews quand il parle des commentaires qu'on entend dans le monde entier. Je crois qu'il n'est guère douteux que le système à graphite britannique, employé au Royaume-Uni, est le meilleur qu'on puisse y appliquer, mais il ne correspond pas aux conditions canadiennes. De

même, le système de réacteur à l'uranium enrichi des États-Unis convient mieux à ce pays, mais pas au Canada. Il faudrait toujours jeter un coup d'œil sur les conditions qui existent dans le pays en cause, parce qu'aucun réacteur ne répond à tous les besoins des producteurs de courant dans le monde entier. Je crois qu'une demi douzaine de modèles seraient tout à fait satisfaisants dans le milieu auquel ils sont destinés.

M. DANFORTH: Je voudrais poser au professeur une question exposée, pour la première fois, dans ses grandes lignes, au paragraphe 6. Il y parle d'un réacteur qui utiliserait des sources de chaleur à faible rendement en comparaison des sources nucléaires à fort rendement. J'ai cru comprendre, en prenant connaissance du mémoire que, d'après vous, le réacteur à eau lourde devrait jouer le rôle d'un petit réacteur à basse température et servir de source énergétique de faible ou moyenne température. Dois-je comprendre qu'il y aura toujours une place pour ce brûleur d'uranium naturel en tant que source de chaleur modérée?

Le professeur ANDREWS: Comme je l'ai mentionné au paragraphe 6 du mémoire, nous allons dépendre du combustible nucléaire, non seulement pour notre courant électrique, mais pour toutes les sources de chaleur.

M. DANFORTH: Je m'en rends compte, mais ce que je demande, c'est si vous avez l'impression qu'il y aura toujours, pour ce réacteur à eau lourde, une place comme celle qui existe aujourd'hui, en tant que source de faible chaleur. Je suppose, qu'en disant cela, vous pensez à des fins industrielles, et à d'autres sources de chaleur. Vous pensez que la mise au point d'un meilleur réacteur, qui utiliserait peut-être des combustibles enrichis, devrait se limiter à la génération de courant électrique.

Le professeur ANDREWS: Je dirais que le réacteur à eau lourde convient extrêmement bien—d'ailleurs tout réacteur à eau convient—à ce genre de production, et tout réacteur refroidi au gaz n'y convient pas, parce qu'il tendrait, d'autre part, à produire une très grande chaleur. Ceux-ci produisent de la chaleur modérée. Quand on cherche une source de faible chaleur, ce modèle de réacteur répond aux besoins. Il y a là, en effet, une très grande demande, en comparaison de celle de courant électrique à source nucléaire.

M. DANFORTH: Pouvez-vous prévoir qu'il y aura toujours, au Canada, des possibilités pour les deux modèles de réacteurs, selon les besoins énergétiques?

Le professeur ANDREWS: Au paragraphe 9, j'ai appelé votre attention sur la situation en Suède. Les circonstances y sont analogues aux nôtres, parce qu'on a là-bas un réseau qui utilise, à concurrence de 90 p. 100 l'énergie hydro-électrique, et pour un dixième seulement le combustible fossile, excepté qu'on n'y a pas l'accès que nous avons au combustible fossile. On y constate la même distribution de la population que chez nous, ainsi qu'un nouveau d'existence comparable. On y fait déjà ce genre d'étude qu'il ne faudrait pas négliger chez nous, c'est-à-dire l'emploi à deux fins de réacteurs de ce modèle, surtout pour la production régionale d'électricité; il s'y ajouterait la fourniture de chaleur modérée, à laquelle ces réacteurs semblent mieux convenir que ceux qui sont refroidis au gaz.

M. CROUSE: Dans la dernière partie du paragraphe 5, vous dites:

Vous saurez toutefois, probablement, que la plus grande partie du courant que nous consommons est produit à partir de combustible fossile et qu'il devra donc, un jour, céder la place aux sources nucléaires, ou cesser d'exister.

Étant donné les grandes réserves de charbon du monde entier, je me demande quel délai vous envisagez pour ce changement? Quand vous attendez-vous que ce changement ait lieu?

Le professeur ANDREWS: Il est difficile de préciser le moment des changements envisagés, parce qu'un pays dont les dirigeants sont doués d'intelligence et de bon sens choisira la période la plus opportune pour s'occuper de la conservation des combustibles fossiles par la substitution de la méthode nucléaire. Plus la nation est intelligente, plus vite elle le fera. On parle beaucoup des ressources dont nous disposons dans divers domaines. Aux États-Unis, le public parlait de réserves pétrolières pour une période de douze années mais, heureusement, elles se sont reconstituées d'elles-mêmes. Si quelqu'un annonçait subitement qu'il s'agit nettement du dernier délai, le moment de réfléchir serait cet instant même. Toutefois, dans notre cas, compte tenu de la situation de nos réserves de pétrole dans l'Ouest et le Nord, de nos réserves de houille dans l'Est, et de notre production de courant hydro-électrique, nous n'avons pas besoin de tant nous hâter. Nous pouvons nous permettre d'y réfléchir quelques années. Voici ce qu'il en est: plus nous nous hâterons d'y penser, plus nous pourrions espérer avoir, en fin de compte, une réserve de combustible fossile dont les possibilités d'emploi dans les domaines chimique et mécanique seraient considérables et qui serait pour nous peut-être une aussi grande richesse que l'or. Voilà ce qui importe: ne pas transformer nos combustibles fossiles en anhydride carbonique et en eau quand, dans 50 ans, il sera peut-être possible d'en dériver de nouvelles matières plastiques et d'autres produits extrêmement variés, d'une grande valeur et de première importance pour la civilisation de cette époque future. C'est une question de bonne administration, de planification bien conçue de la part du gouvernement, que celle de décider quand nous entreprendrons ce genre d'étude—le plus tôt possible serait le mieux, à mon avis.

M. BEST: Monsieur le professeur, je croyais que vous alliez faire tout à l'heure certaines observations sur ce qu'a dit M. Gray au sujet des problèmes que posent la corrosion et les risques de nature chimique, dans le cas des réacteurs à eau lourde. M. Gray a dit, je crois, qu'à son avis, les mêmes problèmes existaient dans la même mesure, et peut-être même dans une mesure plus grande, pour d'autres modèles de réacteurs. Voudriez-vous vous prononcer à ce sujet? Estimez-vous qu'il en est ainsi?

Le professeur ANDREWS: M. Gray parlait des limites actuelles de la mise au point immédiate du réacteur au graphite revêtu de magnésium, refroidi au gaz, prévu au programme actuel du Royaume-Uni. Ce pays n'a pas l'intention de s'en tenir là. On s'y rend compte de la situation et on y a déjà étudié la substitution de matières comme le béryllium. Mais on s'y rend également compte qu'en élevant la température de ces réacteurs de deuxième étape, on se heurtera de nouveau à un plafond. Cette limite est déjà connue. Mais on ne l'a pas encore rencontrée dans les usines déjà conçues, et qui fonctionnent. Le béryllium, par exemple, réagira au gaz, et on a constaté que le gaz lui-même réagira au graphite, ce qui impose également des limites. Mais, là encore, les Britanniques ont l'intention de mettre au point leurs réacteurs au delà de ce point en examinant à nouveau leur choix de modérateurs et refroidisseurs gainés, surmontant ainsi l'obstacle des limites imposées par la température et la réaction chimique.

M. BEST: Je croyais que M. Gray parlait plus particulièrement de notre propre réacteur. Je l'ai peut-être mal compris. J'ai cru qu'il parlait de l'élément sécurité de notre réacteur.

M. GRAY: Je parlais exactement de ce que vient de mentionner le professeur Andrews, en disant que certains problèmes se posent quand on invente et réalise certaines matières, certains refroidisseurs, et ainsi de suite, pour n'importe quel modèle de réacteur. Je voudrais que le Comité se rende compte que les problèmes matériels posés par les réacteurs à gaz varient également, que certains sont tout aussi ardues, dans certaines régions, et même pires. De sorte que le problème

que pose la réalisation de certaines matières devant être utilisées dans un réacteur n'ont rien de nouveau.

M. BEST: Pour passer à une question un peu différente, monsieur le professeur, vous avez plusieurs fois parlé de certaines études au sujet de modèles de réacteurs. Diriez-vous que nous devrions plus spécialement étudier d'autres modèles de réacteurs plus que nous ne le faisons, en tenant compte que nous avons assez d'avance, ou que nous disposons de délais suffisants? Si nous voulions le faire, un jour à venir, êtes-vous d'avis qu'il faudrait examiner d'autres réacteurs?

Le professeur ANDREWS: Nous pouvons faire l'une de deux choses. D'une part espérer que quelqu'un d'autre inventera un système qui nous dispensera de dépenser nos efforts et de réfléchir à ce sujet, et dans l'espoir aussi que le prix qu'on nous demandera pour utiliser ces concepts ne sera pas exorbitant et que nous serons en mesure de le payer; d'autre part, nous pourrions, en tenant compte de nos perspectives à long terme, en faisant table rase et en partant de la racine même des choses, préparer notre programme pour l'avenir, mettre au point nos propres réacteurs nucléaires, en adoptant un programme souple capable d'absorber tout progrès technique qu'in réaliserait. Nous pourrions alors modifier notre programme selon les nécessités afin d'en assurer l'efficacité, sans avoir à conclure d'ententes internationales, par exemple, au sujet des permis d'utilisation, ou en vue de l'achat de réacteurs mis au point par d'autres, et que nous aurions pu si facilement créer nous-mêmes si nous avions fait, les années précédentes, les travaux préparatoires nécessaires pour des recherches et des mises au point à long terme.

M. BEST: Pour résumer, si on me le permet, je demanderai si nous devrions dépendre des autres ou s'il nous faudrait élargir le domaine de nos études dès à présent, du moins dans une certaine mesure?

Le professeur ANDREWS: Je crois que nous devrions consacrer un peu plus de temps que nous ne le faisons à étudier les perspectives d'avenir en essayant de tracer la voie que nous comptons suivre de façon à être en mesure, quand cet avenir deviendra le présent, de faire face aux besoins avec des concepts répondant au cas qui se présentera.

M. DRYSDALE: Me permettriez-vous d'y ajouter quelque chose, monsieur le professeur? En ce qui concerne plus spécialement l'*Atomic Energy of Canada Limited*, quel serait le programme d'expansion bien équilibré que vous envisageriez?

Le professeur ANDREWS: Il est nettement établi que l'amorçage imminent de ce programme de recherches à long terme ne comprendrait pas les réacteurs à eau lourde. Cette étape est déjà dépassée.

M. DRYSDALE: Vous parlez, dans votre rapport, d'un organisme d'assistance pour l'avenir. Si on l'applique à l'A.E.C.L., pour l'année en cours, c'est-à-dire 1961, quel nouveau personnel—physiciens et ainsi de suite—envisageriez-vous? Dans quel sens devrait-on agir? Quel genre de recherches devrait-on faire au sujet des réacteurs, et quelles seraient, d'après vous, les diverses phases du programme en question? Si vous avez d'autres idées au sujet du coût de revient, ce serait également fort utile.

Le professeur ANDREWS: Nous avons déjà, à Chalk River, un personnel nombreux, de formation appropriée, et qui a les aptitudes et l'expérience nécessaire pour s'adonner à ce travail de préparation de l'avenir. Les dernières années, il n'y a aucun doute qu'on s'y est occupé d'études et de recherches à long et à court termes sur le réacteur à eau lourde. Ces dernières années, je suppose que la tâche de ce personnel n'est plus la recherche à long terme, en vue de laquelle

ils ont été formés, mais la suppression des embouteillages, dirais-je, dans le domaine des concepts mécaniques et de leur application potentielle à court terme,—domaine dans lequel ils ne sont pas spécialisés.

M. DRYSDALE: Dois-je comprendre, alors, que vous voudriez, selon la phase de travail, affecter une partie des employés dont on dispose actuellement, ou, selon le point de vue, les désaffecter du programme des réacteurs à eau lourde pour les employer dans la mise au point d'un autre modèle de réacteur? Avez-vous l'impression qu'ils ont la formation de base et la souplesse nécessaires pour être ainsi changés d'une phase d'activité à l'autre? Pourriez-vous mieux le préciser?

Le professeur ANDREWS: Si l'on maintient trop longtemps cette catégorie de personnel de recherches dans un travail de routine ayant trait aux problèmes qui se posent au jour le jour, sa compétence dans ce domaine en souffrira. Il me semble donc qu'il serait approprié d'éliminer les questions courantes de cette catégorie d'organisme pour les confier à quelque institution de recherches plus pratiques qui serait en mesure de s'occuper de questions courantes déterminées, laissant ainsi les hommes de science de Chalk River, qui nous sont extrêmement précieux et ont une bonne formation, libres de s'occuper de ce travail de longue haleine. Il s'agirait donc de transférer les travaux de portée immédiate, qui doivent être exécutés au jour le jour, par exemple les problèmes de fonctionnement des modèles courants de réacteurs. Il faudrait donc prendre ce personnel et le confier peut-être à une administration distincte, libérant ainsi Chalk River pour les travaux à long terme.

M. DRYSDALE: En ce qui concerne plus spécialement votre proposition au sujet des études à long terme, que devrait-on faire pour les brise-glace et les sous-marins de transport—je suppose qu'il s'agirait essentiellement des sous-marins cargos—et même pour le transport ferroviaire? Comment vous y prendriez-vous?

Le professeur ANDREWS: Il y a trois étapes dans l'établissement d'un programme de cette nature. Dans l'établissement de recherches s'exécutent physiquement toutes les recherches fondamentales. On y complète, s'il le faut, ce travail par les expériences qui répondent aux renseignements fondamentaux dont on dispose dans le domaine nucléaire. Lorsqu'on atteint une étape dans ce travail, il est utile de faire le point pour décider s'il y a lieu de franchir l'étape préliminaire pour passer à celle de l'établissement préparatoire des plans, afin de voir comment ils se présentent sur le papier, et si l'appareil marchera.

Au Royaume-Uni, par exemple, l'activité de l'établissement de recherches sur l'énergie atomique s'arrête là. Je ne dirai pas qu'il soit approprié d'arrêter ainsi le travail dans un organisme de recherches à long terme du genre envisagé. Le programme de recherche deviendrait alors un programme de mise au point; qu'il conviendrait de confier à une équipe de dessinateurs capables de dresser les plans de base et d'effectuer les calculs nécessaires relatifs au concept fondamental afin de voir ce qu'il donnera, une fois mis en pratique. Ce travail incomberait à une catégorie différente de scientifiques, les chercheurs pratiques, les ingénieurs, ou les spécialistes de la mise au point. Cette différence, ce changement d'aspect, a été reconnu dès le début de l'application du programme au Royaume-Uni. Il y avait, par exemple, à Harwell, un organisme de recherches qui, s'appuyant sur nos concepts de base, a procédé à des essais en partant de divers points de vue, tâchant de déterminer les possibilités de réussite, pour remettre ensuite le concept fondamental du plan à un groupe industriel qui s'est occupé de l'exécution et même de la construction semi-technique, puis de la construction complète du plan, dans les dimensions voulues et du fonctionnement des dispositifs.

M. DRYSDALE: Je ne voudrais pas être injuste, mais avez-vous réfléchi à certains projets spéciaux qu'il y aurait lieu de confier à l'*Atomic Energy of Canada Limited* pour établir ce que nous considérerions comme le juste nombre d'employés de formation appropriée qu'il conviendrait de considérer, et aussi le coût de réalisation de chaque programme?

Une des choses qui nous préoccupent ici, c'est l'étude du travail fourni actuellement par l'A.E.C.L. pour essayer ensuite d'envisager ce que nous pensons devoir être son expansion future. La plupart d'entre nous n'avons pas une très grande formation scientifique. Mais nous sommes capables de penser en dollars et en cents. C'est la raison pour laquelle j'essayais d'appliquer plus spécialement votre exemple du simple propulseur pour brise-glace. En d'autres termes, il s'agirait d'entrer dans le domaine où travaillent les Américains. Avez-vous une idée des frais qui en résulteraient pour le Canada?

Le professeur ANDREWS: Sur les 30 millions dépensés chaque année pour le fonctionnement de Chalk River, je suppose qu'un peu plus de la moitié sert actuellement à défrayer des problèmes de recherches à court terme. M. Gray pourra me rectifier sur ce point, si je me trompe. Le reste de ce montant est affecté aux expériences physiques à long terme qu'a déjà mentionnées M. Gray. Vous voyez donc qu'en éliminant la recherche pratique à court terme, il serait possible d'augmenter l'efficacité de l'A.E.C.L., si l'on avait quelque part une installation qui permettrait d'exécuter ces recherches immédiates et spéciales, c'est-à-dire la mise au point jusqu'à l'étape du dessin des plans, de la construction et du fonctionnement.

M. DRYSDALE: C'est une supposition que vous faites là au sujet des dépenses courantes actuelles qu'on peut attribuer à l'A.E.C.L. Mais ce que je cherche à découvrir, c'est si vous avez réfléchi à la forme que prendra, à long terme, l'A.E.C.L., en pensant, tout d'abord, au programme, au nombre et à la catégorie du personnel requis, et à la dépense maximum que vous estimeriez nécessaire—si possible, par rapport à ce que vous regarderiez comme l'ordre de préférence de ces programmes. Il me semble que ce serait d'une aide inappréciable pour le Comité. Je ne sais pas si vous l'avez déjà fait. Voudriez-vous y songer et peut-être nous remettre une petite note ou mémoire en temps voulu?

Le professeur ANDREWS: En résumé, l'ordre de préférence pour les premiers programmes est déjà établi. Je dirais, par exemple, qu'en vertu du programme actuel nous avons une affectation annuelle de 30 millions de dollars. Je répète, que, M. Gray étant ici, il peut me rectifier si je me trompe. Environ 15 millions de ce montant sont affectés à la recherche pure et simple, et le reste aux travaux de recherche et de mise au point à court terme. Je suppose qu'il faudrait affecter 10 millions de dollars aux premières recherches sur chacun de ces aspects, mais il s'agit de savoir s'il serait possible de s'attaquer à plus d'un projet en une année. Je suppose qu'on pourrait en entreprendre deux par an et les alimenter au rythme de 10 millions, mais il me semble impossible de se charger d'un plus grand nombre.

Il ne faut pas oublier, comme l'a déjà signalé M. Gray, qu'il s'agit déjà d'une somme annuelle de 30 millions de dollars, que nous supposons être dépensée judicieusement à bien des choses. Toutefois, les installations de l'A.E.C.L. à Chalk River travaillent maintenant à peu près à capacité, et nous sommes, évidemment, en droit de supposer que cet argent est destiné à toutes les catégories de recherche. En demandant davantage, il s'agirait évidemment d'affecter cet argent à l'augmentation des installations de recherches fondamentales, probablement dans un autre établissement. Il me semble qu'il ne serait pas bon de le faire à l'heure actuelle, étant donné la façon compacte dont est disposé, à Chalk River, l'équipement physique important. Il faudrait, le cas échéant, avoir le même équipement

ailleurs si l'on décidait d'établir un autre organisme de recherche à longue échéance.

Mais, même en transférant à un autre établissement les travaux à court terme et à des fins déterminées que j'ai déjà mentionné, on laisserait les installations pour les recherches à long terme à Chalk River en les réservant uniquement à ce genre de travail. Le reste du montant disponible, c'est-à-dire de 15 à 20 millions de dollars, pourrait être affecté à des programmes à longue échéance, à des recherches à long terme, ce qui signifierait qu'un montant analogue, ou plus élevé, devrait être dépensé ailleurs, dans une autre institution, pour la solution des problèmes immédiats et spéciaux qui ont, par exemple, trait à la production, au dessin, à la construction et au fonctionnement immédiat des réacteurs à eau lourde, c'est-à-dire toute la production du modèle du réacteur CANDU en Ontario.

M. DRYSDALE: Avez-vous établi, dans votre idée, un ordre de préférence au sujet des programmes qu'il y aurait lieu de confier à un autre établissement?

Le professeur ANDREWS: Il me semble que le réacteur à température élevée à oxyde fixe est d'une façon générale, une entreprise à plus longue échéance que les études de transport. A mon avis, il y a lieu d'étudier maintenant la construction d'un brise-glace et d'autres moyens de transport.

Le PRÉSIDENT: M. Gray, cela touche à la politique de l'A.E.C.L., n'est-ce pas?

M. GRAY: Nous semblons maintenant avoir sauté aux paragraphes 15 à 18, au sujet desquels j'avais quelques observations à faire. Il me semble que c'est ici que nous nous séparons du professeur Andrews, parce que je ne crois pas qu'il sache vraiment ce que nous faisons. D'abord, nous avons M. Laurence qui s'occupe avec toute sa division des méthodes qu'on appliquera à l'avenir. C'est à peu près tout ce qu'ils font, et les frais sont prélevés sur les 15 millions affectés aux recherches fondamentales.

M. DRYSDALE: Approximativement, combien de personnes y a-t-il?

M. GRAY: Je peux vous dire les chiffres exacts.

Le PRÉSIDENT: Pourriez-vous aussi nous faire connaître le montant en dollars et cents, parce que le professeur Andrews l'a mentionné.

Le docteur GRAY: Il s'agit de 41 employés professionnels, 44 employés techniques et 3 autres personnes. Il ne s'agit que de la recherche et de la mise au point de réacteurs.

M. DRYSDALE: Il ne s'agit pas seulement des recherches qui ont trait à l'avenir?

M. GRAY: Pas tout à fait. Ces personnes sont employées comme conseillers de ceux qui travaillent au système actuel. Je n'ai pas la ventilation budgétaire, mais je pourrais me la procurer.

Le PRÉSIDENT: Voulez-vous faire quelques observations sur les chiffres mentionnés par le professeur Andrews?

M. GRAY: Oui. Notre budget est d'environ 40 millions de dollars dont une partie est affectée à la construction immédiate des réacteurs, c'est-à-dire qu'en ce qui concerne le travail de recherche et de mise au point, nous ne nous écartons probablement pas trop de l'avis du professeur Andrews. D'après lui, notre organisme devrait être divisé, à peu près comme on l'a fait au Royaume-Uni. Mais c'est ce que nous avons déjà fait. C'est ce que fait Toronto. Notre division des usines nucléaires productrices de courant se rattache à l'étude et à la construction d'usine et de réacteurs déterminés. Il s'agit presque entièrement d'ingénieurs. On a assez de physiciens et de chimistes pour s'occuper des problèmes fondamentaux et discuter avec M. Laurence, là-bas, à Chalk River.

Comme je le disais déjà à la dernière réunion, nous espérons que cet aspect sera, en fin de compte, confié à des organismes privés, lorsque les réacteurs atteindront le point où ils pourraient être réalisés sur le plan commercial, comme on le fait maintenant au Royaume-Uni. C'est probablement ce qui arrivera et, le cas échéant, nous ne conserverions pas cette division.

Je ne partage pas l'avis du professeur Andrews, lorsqu'il dit que la division de recherches devrait être mise dans un certain compartiment, et la division du génie ailleurs. L'application de ce concept n'a pas donné de très beaux résultats au Royaume-Uni. On y a recouru jusqu'à un certain point, mais on a aussi inauguré, au Royaume-Uni, dans le sud de l'Angleterre, un nouvel établissement de recherches, rattaché au groupe de production.

Le professeur ANDREWS: Je partage l'avis de M. Gray sur ce point. Il est toujours nécessaire de maintenir une liaison étroite et, dans ce cas, une direction énergique et ferme peut assurer l'établissement et le maintien de cette liaison.

M. DRYSDALE: Voudriez-vous parler des études sur les transports? Il me semble que le professeur Andrews a proposé des recherches relatives à un brise-glace, en suggérant la dépense de 10 millions de dollars pour une ou deux entreprises.

M. GRAY: Il s'agit d'excellents projets d'études. Il a proposé un montant d'environ 10 millions de dollars par an, ce qui serait certainement nécessaire si l'on se propose de construire quelques machines et de mettre au point une nouvelle méthode nucléaire. En ce qui concerne le brise-glace, il a fait l'objet d'études au ministère des Transports et les sous-marins ont été étudiés par le ministère de la Défense nationale. Mais jusqu'ici, on ne les a pas approuvés en tant que projets pouvant être mis en pratique, compte tenu du coût de revient. On a étudié tant les sous-marins, que les brise-glace nucléaires. Mais, pour autant que nous le sachions, on n'a pas jugé approprié d'en faire un programme.

M. DRYSDALE: Et quel est votre avis?

M. GRAY: Je ne suis pas assez au courant des besoins de la marine. Nous savons que le sous-marin nucléaire a donné d'excellents résultats aux États-Unis. Mais, officiellement, j'ignore quel est le rôle de notre marine, et si des sous-marins nucléaires s'y adaptent.

M. DRYSDALE: On a mentionné le transport par sous-marin, ce qui éliminerait ceux-ci du domaine de la marine de guerre.

M. GRAY: On en a fait mention en Grande-Bretagne et ailleurs, mais principalement pour transporter du pétrole. J'imagine que s'il fallait se procurer du pétrole pendant une guerre le sous-marin nucléaire aurait certains avantages, peut-être même du point de vue économique. Mais en temps de paix, alors que les voies maritimes sont ouvertes, y compris Suez, la proposition ne s'est, pour autant que je sache, pas révélée pratique.

M. DRYSDALE: Voudriez-vous, M. Gray, faire quelques observations sur les méthodes applicables à l'avenir, en tenant compte du réacteur à haute température refroidi au gaz et du réacteur surgénérateur rapide?

M. GRAY: Je les ai mentionnées en parlant du mémoire de M. Boyd. Je s'agit d'une question de principe pour le gouvernement, et du montant d'argent que celui-ci voudra dépenser pour la poursuite des recherches sur l'énergie atomique. Si le gouvernement voulait ajouter 10 millions de dollars à notre coût total, nous nous occuperions certainement des réacteurs à haute température refroidis au gaz et des piles convenses à neutrons rapides.

M. DRYSDALE: C'est là votre évaluation de ce qui coûterait la mise en voie d'un programme approprié à cet égard?

M. GRAY: Si l'on adopte une nouvelle méthode pour laquelle on utilise un nouveau refroidisseur et un nouveau genre de combustible, il faudra bien y con-

sacrer ce montant. Si, par contre, il ne s'agit que d'une étude, il suffirait d'un ou deux millions de dollars.

Le PRÉSIDENT: Avant que M. McIlraith vous pose une question, croyez-vous—et je voudrais que vous soyez très sincère avec le Comité, parce que je crois que celui-ci appréciera cette franchise à sa juste valeur—qu'il faudrait affecter davantage de fonds à la recherche des différents modèles dont nous avons parlé?

M. GRAY: Dans les circonstances actuelles, au Canada, non. Pour autant que je sache, en ce qui concerne notre entreprise de courant nucléaire, je crois que les montants qui y sont affectés à l'heure actuelle suffisent, si l'on prévoit de les augmenter chaque année de 5 ou 6 p. 100. Mais, dans l'intérêt le mieux conçu du Canada, comme je l'ai déjà dit, il me semble qu'on a besoin de plus de recherches et de mise au point dans l'industrie.

En ce qui concerne l'élimination des travaux pratiques de mise au point à Chalk River, on m'a demandé de donner une idée de nos travaux faisant l'objet de contrats avec l'industrie. On l'a déjà fait à la dernière séance et j'ai ici une liste des contrats en vigueur cette année avec l'industrie, montrant le genre de travail et le coût total qui s'élève à \$7,795,000. C'est là le genre de travaux que je voudrais, du point de vue professionnel, voir sortir de l'organisation de Chalk River. Nous approuvons entièrement le professeur Andrews sur ce point.

M. DRYSDALE: Pourrions-nous faire imprimer ces données en annexe?

M. MCILRAITH: Faites-les figurer ici même dans le témoignage. Il ne s'agit que de deux pages.

Le PRÉSIDENT: Nous les ferons imprimer.

M. MCILRAITH: Faites-les imprimer à cet endroit.

Le PRÉSIDENT: Le Comité est-il d'avis qu'il y a lieu de les faire imprimer?

Des VOIX: Oui.

(Note de l'éditeur: Le matériel mentionné est le suivant:)

ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED  
CONTRATS DE RECHERCHE ET DE MISE AU POINT PASSÉS AVEC  
L'INDUSTRIE CANADIENNE POUR L'ANNÉE FINANCIÈRE  
SE TERMINANT LE 31 MARS 1962

|  | <i>Montant</i> |
|--|----------------|
| Mise au point des détecteurs semi-conducteurs .....  | \$ 25,000      |
| Mise au point des compteurs de radiation .....   | 10,000         |
| Mise au point touchant l'électronique .....  | 37,000         |
| Travaux théoriques sur les réacteurs .....   | 8,000          |
| Travaux de mise au point sur l'établissement des données .....   | 7,000          |
| Mise au point des circuits à transistors .....   | 3,000          |
| Mise au point des tubes à pression .....   | 120,000        |
| Mise au point de la vérification des joints .....  | 75,000         |
| Mise au point de la technique des mesures .....  | 40,000         |
| Problèmes spéciaux de calcul au sujet des génératrices<br>nucléaires .....   | 40,000         |
| Mise au point de combustible expérimental .....  | 85,000         |
| Matériaux spéciaux pour mesurer les oscillations du réacteur<br>à tubes sous pression, métaux rares et alliages pour<br>détecteurs et mélanges d'essai de combustible d'un<br>réacteur à refroidissement organique ..... | 135,000        |

|   |              |
|---|--------------|
| Mise au point des semi-conducteurs et de l'équipement de surveillance .....   | 20,000       |
| Mise au point de combustible oxydé .....  | 1,200,000    |
| Production pilote de combustible destiné au réacteur CANDU .....  | 336,000      |
| Nouvelle étude des tiges du NRX .....   | 50,000       |
| Épreuve non destructive des matériaux .....   | 50,000       |
| Étude du béryllium .....  | 50,000       |
| Mise au point des techniques de soudure .....   | 25,000       |
| Mise au point des méthodes de tréfilage en vue de la production des tubes extrudés en Zircaloy .....  | 75,000       |
| Essais de fluage, alliages, etc. ....   | 80,000       |
| Essais relatifs à la corrosion du Zircaloy .....  | 10,000       |
| Mise au point de nouveaux alliages de zirconium .....   | 148,000      |
| Travaux de mise au point sur les alliages de poudres atomisées .....  | 60,000       |
| Mise au point de prototypes de barres de réglage .....  | 60,000       |
| Mise au point de soudure spéciale et autre .....  | 100,000      |
| Contrats de mise au point ayant trait au réacteur CANDU .....   | 752,000      |
| Mise au point des éléments composants, de l'instrumentation et des prototypes .....   | 869,000      |
| Étude de la ventilation .....   | 50,000       |
| Études spéciales confiées à des spécialistes consultants de l'extérieur .....   | 150,000      |
| Location de machines à calculer et d'autres matériels .....   | 15,000       |
| Achat de Zircaloy pour travaux de mise au point .....   | 135,000      |
| Mise au point d'une machine d'alimentation du réacteur NPD .....  | 525,000      |
| Mise au point d'éléments composants du NPD .....  | 200,000      |
| Mise au point d'un combustible de remplacement composé de sept éléments, pour le NPD .....  | 100,000      |
| Mise au point en général des tubes à pression recouverts d'isolants, du scellage pour pompes, du liaisonnement des joints laminés, et de tous les problèmes d'usure du Zircaloy ..... | 300,000      |
| Mise au point et étude d'un réacteur à refroidisseur organique .....  | 1,500,000    |
| Mise au point de combustible pour réacteur à refroidisseur organique .....  | 300,000      |
| Recherches sur de nouveaux procédés, comme la soudure au faisceau électronique, etc. ....   | 50,000       |
|   | \$ 7,795,000 |

LISTE DES ENTREPRISES EXÉCUTANT DES TRAVAUX DE MISE AU POINT POUR L'ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED

AMF Atomics Canada Limited, Port-Hope (Ont.)  
 Canadian General Electric Company Limited, Peterborough (Ont.)  
 Canadian Westinghouse Company Limited, Hamilton (Ont.)  
 Orenda Engines Limited, Malton (Ont.)  
 Atlas Tilanium Limited, Welland, Ont.  
 Canadian Vickers Company Limited, Montréal (P.Q.)  
 Standard Modern Tool Company Limited, Toronto (Ont.)  
 Thompson Products Limited, St. Catharines (Ont.)  
 Combustion Engineering Superheater Limited, Montreal (P.Q.)

de Havilland Aircraft of Canada Limited, Downsview (Ont.)  
 Dominion Bridge Company Limited, Montréal (P.Q.)  
 Montreal Locomotive Works Limited, Montréal (P.Q.)  
 Badcock-Wilcox and Goldie McCullough, Galt (Ont.)  
 John Inglis Company Limited, Toronto (Ont.)  
 RCA Victor Company Limited, Montréal.

M. GRAY: A la deuxième page, figure la liste des noms des entreprises en cause, mais non les montants sur lesquels portent les contrats, parce qu'ils ne sont pas encore établis. Nous sommes en train de négocier ces contrats, et d'autres sociétés viendront s'ajouter à cette liste. C'est pourquoi nous ne voulons pas révéler les chiffres que comportent ces contrats pour le moment.

Le PRÉSIDENT: M. McIlraith, vous vouliez poser une question, il a un instant?

M. MCILRAITH: Je voudrais mettre au clair un point de la terminologie qu'a employée le professeur Andrews en répondant à la question de M. Drysdale au sujet de l'organisation et de la recherche. Il s'est servi des expressions «à long terme», «à longue échéance», et «à court terme» pour distinguer les deux catégories de recherche qu'il souhaitait voir exécuter de façon différente. Puis, en répondant à d'autres questions qui me semblaient être tout à fait analogues, il s'est servi des termes «recherche pratique» et «recherche pure et simple». Enfin, M. Gray, en parlant du même sujet, a employé, à un certain point, le terme «recherche», et une autre fois, l'expression «étude et construction» et «étude et mise au point». Je me demande si le professeur Andrews voudrait bien nous faire savoir jusqu'à quel point il considère les termes «recherche pratique ou appliquée», «à court terme», «à long terme», ou «à longue échéance», «étude» et «construction» comme étant synonymes, et dans quelle mesure ils sont synonymes, et dans quelle mesure ils sont synonymes des termes employés par M. Gray.

Le professeur ANDREWS: La mesure dans laquelle ces expressions sont synonymes est la suivante: quand on parle de recherche, on veut généralement dire la recherche pure et simple, par conséquent la recherche dont on n'envisage pas la mise en pratique, ou l'application, immédiate, c'est-à-dire une recherche à longue échéance, ou à long terme. Quand on parle d'étude, de mise au point ou de recherche appliquée ou pratique, de recherche dans un but déterminé, de recherche à court terme et ainsi de suite, on veut dire des recherches dont on connaît l'objectif immédiat, ou des recherches qui s'appliquent d'une façon plus spéciale à certaines utilisations dans l'industrie, que j'appellerais des recherches à court terme, ou à terme relativement court. En général, quand nous parlons de «recherche», nous pensons, la plupart du temps, à la recherche pure et simple, c'est-à-dire la recherche à longue échéance.

M. MCILRAITH: Merci. Cela répond au point soulevé.

M. PITMAN: Monsieur le président, je voudrais ajouter quelque chose à la question que vous avez posée il y a quelques minutes au sujet du financement dans les années à venir. M. Gray, vous dites que les moyens dont vous disposez suffisent pour les installations et l'activité actuelles de l'A.E.C.L. Mais vous affirmez que, dans l'intérêt le mieux conçu du Canada dans son ensemble, il y aurait lieu d'exécuter certaines recherches et mises au point. Avez-vous l'impression que ce travail devrait être entrepris par l'industrie privée, ou s'agit-il d'un domaine dans lequel le gouvernement devrait prendre l'initiative?

M. GRAY: J'estime que le gouvernement doit prendre cette initiative et encourager ainsi l'industrie privée. A mon avis, il faudrait dépenser le plus possible pour les recherches et les mises au point, et je me sers de ces termes dans le sens tant de la recherche fondamentale que des mises au point pratiques. Le rythme des dépenses doit augmenter dans notre pays si nous voulons maintenir

notre position de nation industrielle en expansion. Je vous ai déjà, au cours d'une session antérieure, fait un exposé préparé par M. Mackenzie, qui indiquait la courbe graphique, et le point où nous en sommes. Je n'ai aucun doute que nous devrions faire quelque chose pour que notre pays figure dans cette courbe ascendante représentant les dépenses affectées aux recherches et aux mises au point. A mon avis, la plus grande partie de l'augmentation des crédits au cours des quelques prochaines années devrait servir à alimenter l'industrie. Il me semble que les dépenses du gouvernement devraient aussi quelque peu s'accroître, mais ce qu'il faut surtout, c'est stimuler les recherches et les mises aux points dans le cadre de l'industrie.

M. PITMAN: Je relève dans un discours que vous avez fait il y a quelques jours que les États-Unis ont la haute main sur un très grand nombre de nos entreprises et que, par conséquent, les recherches se font plutôt de l'autre côté de la frontière. Est-ce une interprétation exacte de ce que vous avez dit?

M. GRAY: C'est l'interprétation exacte de ce que j'ai dit, et je crois avoir bien évalué la situation. Bon nombre de nos grandes sociétés—ou du moins quelques-unes d'entre elles, et je pense surtout aux entreprises de matériel lourd, comme les sociétés de machines et d'appareils électriques—sont généralement les filiales de grandes sociétés américaines ou britanniques. Ces sociétés mères font beaucoup de recherches. Les résultats sont à la disposition des entreprises canadiennes. Dans certaines circonstances les sociétés canadiennes sont obligées de participer financièrement à l'activité de recherches du bureau central. Ce que je disais dans mon discours, c'est qu'il serait bon pour le Canada que certaines de ces entreprises dépensent un peu plus de leur argent ici. Je parlais surtout de l'avance dans le domaine nucléaire, mais la même chose vaut dans tous les domaines.

M. PITMAN: Je me rends compte qu'il y a des moyens monétaires et fiscaux d'encourager les recherches au Canada même. Y a-t-il d'autres moyens que vous, en tant qu'homme de science, trouveriez bons pour encourager cette pratique?

M. GRAY: Je crois que la seule façon d'y réussir les quelques prochaines années serait de leur faire tenir des subventions. Je ne suis pas partisan des concessions fiscales, mais j'estime, d'autre part, que certains encouragements...

M. PITMAN: Des subventions de quelque nature?

M. GRAY: Une subvention quelconque. Il y a bon nombre de formules qu'on pourrait appliquer. C'est absolument nécessaire si nous voulons que l'industrie canadienne dépense un peu de son argent, de concert avec le gouvernement, pour s'occuper de ses propres problèmes—et non des nôtres. Je pense qu'il y a lieu d'encourager l'industrie canadienne à étudier les problèmes qu'elle pose elle-même. Je suis d'ailleurs d'avis que le gouvernement devra l'aider à en défrayer le coût.

M. PITMAN: Pouvez-vous envisager quelque moyen de coordonner ou d'organiser cette activité de recherche?

M. GRAY: Si c'était le gouvernement qui devait le faire, je suppose que c'est un organisme central qui coordonnerait cet encouragement à la recherche dans l'industrie. Je crois qu'il serait judicieux d'utiliser les institutions et les ministères d'État déjà existants afin de s'assurer que les montants disponibles seraient dépensés judicieusement—je pense aux divisions de recherches dans divers ministères d'État, comme ceux des Mines et des Relevés techniques, du Nord canadien, ainsi qu'au Conseil national de recherches, et même, si vous voulez, à l'A.E.C.L.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, vous trouverez peut-être intéressant la publication *Industrial Research in Britain*, que distribue le service d'information du

Royaume-Uni. Il s'agit du numéro R4631 en date de janvier 1961. On y trouvera peut-être la réponse à beaucoup de questions soulevées, mêmes aujourd'hui, au sujet des points traités par M. Gray, c'est-à-dire la tâche de l'industrie dans le domaine de la recherche.

M. DRYSDALE: Comment rattachez-vous vos déclarations à la situation américaine? Si je comprends bien, je crois que l'A.E.C. n'est pas entièrement satisfaite de son association avec l'industrie. Par exemple, en ce qui concerne certains programmes énergiques, le coût s'est révélé être deux fois celui prévu dans les estimés précédant les contrats, et il me semble qu'aux États-Unis, on commence à penser que c'est l'A.E.C. qui se chargera de toute la tâche dont il s'agit. Je ne sais s'il s'agira de recherches théoriques, fondamentales ou pratiques, mais, autrement dit, quand on aura redressé la plupart des failles et des défauts du réacteur énergétique, l'industrie le reprendra afin de le mettre au point pour la production.

M. GRAY: C'est, à mon avis, tout à fait exact. Mais ce sujet diffère entièrement de la question que je traitais. Je parlais, en effet, d'une façon générale des recherches ainsi que de la mise en pratique dans ce pays. Ce qui s'est passé aux États-Unis, c'est que les services publics ont constaté qu'ils assumaient un trop grand risque en se chargeant des premières centrales-nucléaires. Le principe adopté par l'A.E.C. des États-Unis, qui consiste à ne participer qu'à la mise au point théorique du réacteur, et non à la construction pratique, ne s'est pas révélé heureux. En examinant les rapports dont j'ai pris connaissance, on verra qu'on est à la recherche d'une formule presque identique à celle établie chez nous pour la société hydro-électrique de l'Ontario.

Je voudrais, dès maintenant, soulever deux points. Dans les procès-verbaux et témoignages, n° 19, on me cite comme ayant parlé de 44 millions de dollars. Or, ce chiffre devrait être de 4 millions de dollars. Il me semble que tout le monde le trouvera évident.

Le second point, c'est que M. Best m'a demandé de déposer les données relatives aux assurances que nous avons contractées. Je les ai ici pour Chalk River. Voulez-vous encore autre chose? J'ai également les chiffres relatifs à notre division des produits commerciaux.

M. BEST: Les montants y figurent-ils?

M. GRAY: La catégorie d'assurance, ce qu'elle comprend, la prime, le délai d'expiration, et la société en cause.

M. BEST: Pourrait-on inclure ces données dans le compte rendu?

Le PRÉSIDENT: Combien de pages y a-t-il?

M. GRAY: Quatre environ.

Le PRÉSIDENT: Il me semble qu'il serait bon de faire figurer ces données en annexe au procès-verbal. Est-ce convenu?

(Assentiment.)

Le PRÉSIDENT: Messieurs, notre prochaine séance aura lieu à huit heures ce soir, si vous n'y voyez pas d'inconvénient.

(Assentiment.)

Le PRÉSIDENT: Nous suspendrons donc la séance jusqu'à huit heures du soir. Le professeur Andrews se trouvera alors parmi nous, et, si le temps le permet, nous entendrons également M. Alcock.

#### SÉANCE DU SOIR

Le PRÉSIDENT: Messieurs, nous avons maintenant un quorum. C'est après-midi, j'ai mentionné la brochure qui est distribuée par le service de renseignements du Royaume-Uni et qui a pour titre «Industrial Research in Britain». J'ai

eu l'occasion d'y jeter un coup d'œil, et j'estime que la plupart des membres du Comité la trouveraient intéressante. Par conséquent, nous prendrons les dispositions nécessaires pour que des exemplaires en soient distribués à tout le monde à la séance de demain. Le bureau du Royaume-Uni en a de disponibles.

Cet après-midi, vous avez entendu le professeur Andrews. Incidemment, il voudrait prendre le train de onze heures.

M. DRYSDALE: Quel jour?

Le PRÉSIDENT: Ce soir. J'estime qu'il a fait un excellent rapport cet après-midi, et je crois que nous sommes tous d'accord sur ce point.

M. STEARNS: Puis-je poser une question?

Le PRÉSIDENT: Mais oui, certainement.

M. STEARNS: Monsieur le professeur, la semaine dernière, nous avons beaucoup discuté les précautions de sécurité qu'on prenait à Chalk River. Je vous demande, en votre qualité d'homme de science, si vous estimez que les précautions de sécurité qu'on y prend à l'heure actuelle sont suffisantes?

Le professeur ANDREWS: Les précautions en vue de la sécurité, monsieur le président, coûtent toujours cher. Il est possible de rendre une opération absolument sans danger, mais ce serait si onéreux qu'il serait impossible de l'exécuter. Il y a donc un maximum de mesures de sûreté et j'estime qu'on a au moins atteint le meilleur niveau possible dans l'établissement de recherche de Chalk River. A mon avis, c'est un bon exemple de sûreté dans les opérations de recherche que le monde pourrait employer comme critère pour l'exploitation d'usines sur une grande échelle.

Le PRÉSIDENT: Avant que le professeur Andrews continue ses observations, ou avant que le Comité poursuive son examen, M. Laurence voudrait faire une déclaration au sujet des risques que comporte la radiation, ou sur le fait que la commission de l'énergie atomique des États-Unis a jeté du matériel radio-actif dans l'Atlantique. M. Crouse et moi-même avons tous deux trouvé que la question présentait un grand intérêt, et je crois que peut-être certains membres du Comité en ont entendu parler aujourd'hui pour la première fois. J'ai donc pensé que vous voudriez être présent quand M. Laurence fera son exposé.

M. LAURENCE: Monsieur le président, étant donné l'intérêt dont le Comité fait preuve pour toute cette question, je me suis renseigné lorsque j'étais à Deep River après la réunion de jeudi dernier, et je constate, comme je l'ai d'ailleurs déjà expliqué, qu'il n'y a, en réalité, aucune raison d'être anxieux à ce sujet. J'ai donc pensé que les membres du Comité trouveraient intéressant d'entendre un exposé sur la question qui figurerait au compte rendu des délibérations, et j'en ai préparé un dont je voudrais vous donner lecture, si vous voulez.

Lors d'une réunion du Comité spécial des recherches qui a eu lieu le 18 mai 1961, on a étudié en assez grand détail la façon de disposer de déchets radio-actifs dans la mer, en mentionnant plus spécialement les déchets radio-actifs américains jetés dans la mer à un point situé à 150 milles environ au sud de Yarmouth (Nouvelle-Écosse). Le ministre de la Santé nationale et du Bien-être social a fait, à ce sujet, des observations à la Chambre des communes les 18 et 28 novembre 1960 (voir le *hansard*, pages 13 et 263). Toutefois étant donné qu'il semble y avoir quelque malentendu au sujet de toute cette question, il serait peut-être souhaitable que j'expose la situation au Comité.

La façon de disposer des déchets radio-actifs en mer a été examinée par un groupe international d'hommes de science, établi par l'agence internationale de l'énergie atomique à Vienne. Le Canada était représenté par M. C. A. Mawson, directeur adjoint de la division de biologie et de physique sanitaire de l'*Atomic Energy of Canada Limited* et membre du comité consultatif sur la sûreté des réacteurs au sein de cette administration.

Le rapport établi par ce groupe de discussion, qui a été publié en 1960, faisait une distinction entre les déchets très radio-actifs comme ceux qui résultent du fonctionnement des réacteurs, et les déchets qui n'ont qu'une toute petite teneur en matière radio-active. Le groupe de discussion était d'avis que les déchets hautement radio-actifs ne devraient pas être jetés dans la mer au point où en sont nos connaissances en la matière, mais qu'il serait possible d'établir et de maintenir un contrôle suffisant de sûreté pour qu'on puisse disposer ainsi des déchets à basse ou moyenne teneur en matière radio-active. Il a également proposé que les limites d'exposition à la radiation que recommandait la commission internationale sur la protection radiologique soient prises comme guide pour en disposer en toute sécurité, et que les endroits où on les jetterait soient désignés par l'autorité nationale compétente (ou l'autorité internationale si on en instituait une), qu'ils soient inspectés régulièrement et qu'on consigne toutes les quantités dont on dispose ainsi. Les recommandations de ce groupe de discussion figuraient dans une déclaration faite à la Chambre par le premier ministre le 13 juillet 1960 (voir hansard, page 6438). Le rapport complet est de nature très technique et n'est pas encore mis à la disposition du public, mais je crois comprendre qu'on le publiera prochainement.

Les matières jetées dans l'océan Atlantique par les organismes américains chargés d'en disposer, ne sont pas des déchets à haute teneur radio-active résultant du fonctionnement des réacteurs, mais proviennent de certains établissements de recherche et de l'industrie. Ils consistent surtout en matières solides (verrerie, serviettes de papier, chiffons, équipement de laboratoire, gants de caoutchouc, etc. contaminés) résultant des opérations à base de radiosotopes qu'exécutent ces organismes. Le degré de contamination de ces déchets est généralement très faible. Mais il faut se débarrasser de ces matières de façon que le public ne puisse entrer en contact direct avec elles. On enveloppe donc ces déchets de béton avant de les mettre dans des barils d'acier d'un gallon qu'on jette aux emplacements désignés par la Commission de l'énergie atomique des États-Unis. Ces emplacements ont été recommandés par un comité de l'Académie nationale des sciences après examen des conséquences possibles pour la santé publique, la pêche et ainsi de suite.

J'ai un exemplaire du rapport sur la façon de disposer des déchets radio-actifs dans l'Atlantique et dans les eaux portuaires du golfe, publié par l'Académie nationale des sciences de concert avec le Conseil national de recherches des États-Unis. Il s'agit de la publication n° 655, qu'on peut, je crois, se procurer de la même source que le *Congressional Record*, aux États-Unis.

Un ou deux de ces emplacements étant, cependant, assez près de la côte, et le public ayant soulevé des objections, la Commission de l'énergie atomique a examiné à nouveau, en 1958 et 1959, certains permis de déversement pour n'autoriser le dépôt de ces matières qu'en des endroits où la profondeur dépasse 1,000 brasses. C'était une nouvelle précaution contre la contamination des pêches qui, comme on le sait, se trouvent presque uniquement sur le plateau continental. Les méthodes qu'avait établies la commission pour se débarrasser de ces déchets sont conformes aux recommandations du groupe de discussion du bureau international de l'énergie atomique.

L'emplacement où est jeté le rebut, qui se trouve à 150 milles approximativement au sud de Yarmouth, est un des points recommandés par l'académie nationale des sciences. Il se trouve au large de la côte, dans les eaux internationales, où la profondeur dépasse 1,000 brasses. Deux établissements de Boston qui se chargent de disposer des déchets ont reçu, en 1958 et 1959, l'autorisation l'employer cet endroit pour y jeter le rebut radio-actif émanant des organismes de recherches de toute la région. Mais la commission de l'énergie atomique a

fait savoir au conseil que ces deux organismes n'avaient rien déposé à cet endroit, probablement parce qu'ils en préfèrent d'autres, plus au sud. Avant 1958, cependant, il est possible que 14 curies de déchets à basse teneur y aient été immergés. C'est probablement la commission de l'énergie atomique elle-même qui l'a fait. La quantité en cause—c'est-à-dire ces 14 curies est tout à fait insignifiante.

Je dirai encore, monsieur le président que, même si ces 14 curies avaient été jetées dans la mer, au même endroit sous une forme soluble, à une profondeur de 100 brasses, il s'agirait, à mon avis, d'une quantité de déchets insignifiante du point de vue des pêches sur le plateau continental. On se souviendra que ces déchets étaient renfermés dans des barils d'acier et enveloppés de béton.

M. CROUSE: En ce qui concerne le rapport de M. Laurence, je suis sûr que nous lui en sommes tous très reconnaissants. Il y a seulement une question que je voudrais poser. Il semble que les déchets se composent de tabliers en caoutchouc, de gants de caoutchouc, de papier et d'autres matières inflammables. Comme le procédé se déroule selon les dispositions établies par entente internationale, a-t-on jamais recommandé de détruire les déchets en les brûlant au lieu de les envelopper de béton pour les jeter dans l'océan. Est-il possible de les brûler?

M. LAURENCE: Il n'y a aucun doute que la commission de l'énergie atomique a réfléchi aux diverses méthodes d'en disposer. La destruction de ces matières par le feu ne serait pas absolument considérée comme une méthode plus sûre que leur immersion. Ce point poserait le problème de contrôler la fumée. La fumée que produirait pareille incinération contiendrait une partie des matières radio-actives et les porterait dans l'atmosphère. Si l'emplacement de cette incinération se trouvait à proximité de régions habitées, je crois qu'elle porterait un plus grand danger que la destruction de ces matières en les déposant en toute sûreté à des profondeurs de 6,000 pieds en eau salée.

M. PITMAN: Y a-t-il quelque organisme qui contrôlerait les déchets radio-actifs sur le territoire du Canada?

M. LAURENCE: La question relève sans aucun doute de la commission de contrôle de l'énergie atomique.

M. PITMAN: Je pense aux déchets radio-actifs de toutes sortes.

M. LAURENCE: Il faut d'abord définir les déchets et leur teneur en radio-activité, avant de soumettre le cas à la commission de contrôle de l'énergie atomique. Sinon, on devrait s'occuper de toutes sortes de choses—même cette paire de lunettes que j'ai à la main doit contenir quelque infime parcelle de matière radio-active, ainsi que la montre à cadran lumineux que j'ai au poignet. La question est exposée dans le règlement de la commission.

M. PITMAN: C'est un problème qui, d'après moi, n'est pas très bien défini. Je connais le cas d'un homme qui était propriétaire d'un endroit de villégiature près d'une mine d'uranium. Les déchets ont été jetés dans le lac et son entreprise a été complètement gâchée en conséquence. Le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social, les autorités d'hygiène de la province et le ministère des Mines et des Relevés techniques semblent se repasser l'affaire indéfiniment. L'intéressé ne semble pas pouvoir trouver qui que ce soit qui fasse, en fin de compte, autorité à cet égard. Vous dites qu'il devrait s'adresser à la commission de contrôle de l'énergie atomique. Le cas est assez grave. En effet, on a laissé entendre qu'une fois, les déchets avaient une teneur en radioactivité dix à quatorze fois plus élevée que ce que les États-Unis considèrent comme la limite de sécurité. Le fait est relevé dans un témoignage déposé lors d'une audience.

M. LAURENCE: La limite dont vous parlez est-elle celle qui s'applique à l'eau potable? Il y en a plusieurs.

M. PITMAN: Je ne puis vous donner aucun détail à ce sujet.

M. LAURENCE: Les trois organismes que vous avez mentionnés s'intéressent à ces questions. Le ministère fédéral de la Santé, le service de santé de la province, ainsi que la Commission de contrôle de l'énergie atomique s'occupent de ces risques. Dans le cas particulier que vous avez mentionné, je crois que c'est le ministère fédéral de la Santé nationale du Bien-être social qui serait probablement le mieux en mesure d'aviser.

M. PITMAN: C'est curieux de vous entendre parler ainsi j'ai en effet posé la question à la Chambre il y a deux jours. On l'a renvoyée à la province et le premier ministre provincial l'a renvoyée au gouvernement fédéral, qui la lui a référée à nouveau. La chose était très pénible pour l'intéressé.

Le PRÉSIDENT: M. Laurence nous donnera une réponse à la prochaine séance. Nous pourrions lui poser des questions toute la nuit.

M. DRYSDALE: M. Laurence voudrait-il aussi établir s'il y a quelque opinion juridique déterminant la mesure de compétence des divers services et ministères provinciaux, fédéraux et municipaux, dans ce domaine.

M. GRAY: Si l'on réservait tout cela pour la semaine prochaine, notre conseiller général et le secrétaire de la commission de contrôle de l'énergie atomique, c'est-à-dire celui qui assume simultanément ces deux fonctions, sera de retour au Canada des conférences auxquelles il assiste en Angleterre et en Europe. Il revient lundi prochain.

M. DRYSDALE: On dirait un grave problème constitutionnel!

M. GRAY: Étant donné que le Comité compte tant de juristes parmi ses membres, je voudrais avoir son opinion.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, nous avons ici le professeur Andrews et M. Alcock. Avez-vous fini d'interroger le professeur Andrews?

M. DRYSDALE: Puis-je poser une question au professeur? En ce qui concerne le paragraphe 4, qui a trait à la mise au point de l'énergie atomique au Canada, je me demande si vous avez vous-même établi quelque estimation au sujet des besoins du Canada en courant—mettons tous les cinq ans, soit en 1960, 1965, 1970, 1975 et 1980. Avez-vous fait quelque chose dans ce sens?

Le professeur ANDREWS: Oui, monsieur le président, et notre estimation correspond presque tout à fait avec celle de la commission hydroélectrique de l'Ontario pour cette province. D'une façon générale, nous parlons surtout des projets envisagés pour l'Ontario au cours de la période qui marque le début de l'exploitation nucléaire.

M. DRYSDALE: Mais je voulais savoir si vous avez établi quelque estimation pour les années que j'ai signalées, pour tout le Canada.

Le professeur ANDREWS: Dans le cadre de nos prévisions relatives à l'Ontario pour ces premières années, nous étudions à l'heure actuelle le programme pour tout le Canada, et la réponse serait donc dans le sens de l'affirmative.

M. DRYSDALE: Autrement dit, le programme de l'Ontario est celui du Canada?

Le professeur ANDREWS: Dans le cadre de nos prévisions relatives à l'Ontario pour ces premières années, nous étudions à l'heure actuelle le programme pour tout le Canada, et la réponse serait donc dans le sens de l'affirmative.

M. DRYSDALE: Autrement dit, le programme de l'Ontario est celui du Canada?

Le professeur ANDREWS: Jusqu'à une époque assez avancée des années 70. M. Gray pourra peut-être me rectifier sur ce point. Il est trop tôt pour établir des programmes nucléaires de grande envergure dans les autres provinces, sauf peut-être au Manitoba d'une part, et dans la province de Québec de l'autre.

M. DRYSDALE: Il me semble que vous avez mentionné tout à l'heure une période de 50 ans pour le temps qui s'écoulerait, selon votre attente, avant qu'on utilise l'énergie nucléaire d'un bout à l'autre du Canada?

Le professeur ANDREWS: D'ici 50 ans, l'épuisement de nos ressources en combustible fossile sera devenu si grave que ce sera le dernier moment de s'attaquer à la question pour le Canada tout entier.

M. DRYSDALE: Avez-vous fait quelque prévision au sujet de la demande d'énergie nucléaire à ce moment-là?

Le professeur ANDREWS: On suppose qu'elle doublera tous les dix ans.

M. DRYSDALE: Qui est-ce qui affirme qu'elle doublera tous les dix ans? Je demandais vos prévisions. S'agit-il des estimations de la commission hydroélectrique de l'Ontario? Voulez-vous nous le dire?

Le professeur ANDREWS: Ces prévisions se fondent sur les études faites par la commission hydroélectrique de l'Ontario et s'appliquent au courant électrique dans les régions industrielles.

M. DRYSDALE: Ce ne serait alors que l'adaptation des prévisions faites, dans son domaine, par la commission hydroélectrique de l'Ontario?

Le professeur ANDREWS: Une adaptation du genre d'études que fait la commission hydroélectrique de l'Ontario.

Le PRÉSIDENT: Avez-vous quelque observation à faire, M. Gray?

M. GRAY: J'espère que nous n'aurons pas à attendre jusqu'à une époque bien avancée des années 70, si j'ai bien compris le professeur Andrews, jusqu'à ce que nous puissions voir utiliser le courant nucléaire au Manitoba. J'espère aussi que les provinces Maritimes y arriveront plus tôt qu'il ne s'y attend.

M. DRYSDALE: Avez-vous quelques prévisions au sujet du courant d'origine nucléaire, outre l'étude ontarienne?

M. GRAY: Le Manitoba nous a laissé entendre que si nous—ou quelqu'un d'autre—pouvions produire un réacteur de 100 ou 150 mégawatts, c'est-à-dire dont le coût resterait dans les limites envisagées pour le réacteur CANDU, la province pourrait en utiliser un en 1968 environ. Elle nous l'a laissé entendre il y a environ un an, et il me semble que la dernière date mentionnée était 1970.

M. DRYSDALE: Quel est le chiffre de la commission hydroélectrique pour 1970? Quelle est la demande d'énergie nucléaire exprimée en mégawatts, à laquelle vous vous attendez pour cette année-là?

M. GRAY: On n'a rien dit pour 1970. Pour 1980, on a établi deux chiffres. Le président a parlé de 7 millions de kilowatts et le vice-président de 6 millions de kilowatts. C'était les deux dernières semaines.

M. DRYSDALE: Il s'agit de 1980?

M. GRAY: 1980. Ils n'ont rien dit pour 1970, mais ils s'attendent sans doute à intégrer dans leur réseau quelques piles de même importance que le CANDU d'ici 1970.

M. SLOGAN: Le réacteur envisagé au Manitoba serait-il plus ou moins un modèle d'essai, comme celui que vous êtes en train de mettre au point à White-shell? Le Manitoba dispose encore de grandes ressources hydroélectriques qui ne sont pas encore mises en valeur. Croyez-vous que ce potentiel d'énergie hydroélectrique sera exploité à cette date, et que d'ici 1970, le besoin d'un réacteur nucléaire deviendra évident?

M. GRAY: Je me fonde sur les rapports que nous obtenons du président de la commission électrique du Manitoba. La province mettra certainement ses ressources hydroélectriques en exploitation. Mais les distances de transmission à partir de leur unique centre d'énergie, c'est-à-dire Winnipeg, sont assez longues. Si le modèle de pile auquel nous pensons pour notre prochaine étape, c'est-à-dire le réacteur à refroidissement organique, se révèle être bon, dans la catégorie de petite dimension, je m'attends que la première station énergétique analogue à celle que nous installerions à Whiteshell pourra être intégrée dans le réseau hydro-électrique du Manitoba.

M. DRYSDALE: Puis-je entendre préciser un point soulevé au sujet de la brochure 858 publiée par l'A.E.C.L., et plus particulièrement par M. Clarkson, dans laquelle celui-ci signale, en parlant de l'énergie nucléaire au Canada, que la capacité des installations en mégawatts serait de 1000, alors que vous avez affirmé qu'en 1980, elle serait de 6000. Est-ce exact?

M. GRAY: Je crois que mon chiffre était 7000.

M. DRYSDALE: Vous avez dit 6000 ou 7000. La demande augmenterait donc de six ou sept fois au cours des dix prochaines années?

M. GRAY: Oui.

Le professeur ANDREWS: Puis-je mettre au clair ces chiffres de 6000 et de 7000? Je crois que ce qui arrivera en réalité, c'est qu'il faudra en répartir 20,000, et que 20 divisé par trois donne six et un peu plus. C'est ainsi qu'on est arrivé à mentionner les chiffres de 6,000 et de 7,000 pour 1980. Il s'agit d'un tiers de 20,000.

M. DRYSDALE: Il y a 20,000 mégawatts à répartir?

Le professeur ANDREWS: Sur les trois modes de production de courant. D'une part, nous avons les ressources hydroélectriques, d'autre part le combustible thermique et fossile et, enfin, l'énergie nucléaire.

M. DRYSDALE: La demande serait donc de 20,000 pour 1980?

Le professeur ANDREWS: 20,000 en chiffres ronds.

M. DRYSDALE: De capacité installée?

Le professeur ANDREWS: En capacité installée brute. Le chiffre de 20,000 est un chiffre approximatif et ce n'est qu'en le divisant par trois qu'on obtient ces chiffres partiels.

M. BEST: Juste avant l'heure du dîner, M. Pitman interrogeait M. Gray au sujet des mises de fonds, nécessaires, des capitaux supplémentaires et du montant qu'il faudrait pour poursuivre notre programme dans son envergure actuelle et peut-être pour en amorcer d'autres, soit directement dans le cadre de l'A.E.C.L., soit par l'intermédiaire de l'industrie. Il me semble qu'à son avis l'affectation d'un montant considérable serait d'une grande aide pour réaliser, sous une forme ou une autre, des progrès dans l'industrie. Mais je crois qu'il n'a pas été très précis dans ses observations au sujet de l'A.E.C.L. Avez-vous dit que d'autres fonds seraient nécessaires? Pourriez-vous donner quelques détails sur ce point?

M. GRAY: J'ai dit qu'il nous faudrait d'autres montants pour exécuter notre programme. L'augmentation est de 5 à 6 p. 100 par an, et je m'attends que c'est à peu près la façon dont nous devrions procéder, à moins que le gouvernement n'accorde un relèvement assez considérable des dépenses au titre de la recherche et des mises au point en général, ainsi que de l'expansion des recherches sur l'énergie atomique.

M. BEST: C'est là votre propre sentiment?

M. GRAY: J'estime très nettement qu'il faudrait augmenter les dépenses au titre des recherches et des mises au point en général. Sinon, le volume des

études et des mises au point relatives à l'énergie atomique qu'on fait actuellement suffit à peu près.

Le PRÉSIDENT: N'oubliez pas qu'il souligne aussi la tâche incombant à l'industrie.

M. BEST: Merci, monsieur le président. C'est là une chose que nous tâchons d'obtenir depuis longtemps. Vous parlez de la recherche dans le sens le plus vaste, et non seulement de la recherche dans le domaine nucléaire?

M. GRAY: C'est exact.

M. BEST: Que dites-vous des recherches atomiques?

M. GRAY: J'estime que le niveau actuel des dépenses pour les recherches et les mises au point dans le domaine nucléaire, compte tenu de l'augmentation progressive qu'il semble y avoir, serait à peu près juste pour le Canada.

M. BEST: Vous diriez donc qu'il s'agit d'une question de principe relevant du gouvernement, s'il fallait augmenter fortement ces dépenses. Néanmoins, j'estime que tout gouvernement suivrait votre conseil, c'est-à-dire les conseils que vous autres lui donneriez. Avez-vous conseillé au gouvernement d'augmenter plus fortement, du moins pour une certaine période, le niveau des dépenses au titre des recherches et des mises au point dans le domaine nucléaire?

M. GRAY: Pas à moins que le gouvernement ne les augmente dans d'autres domaines. Si le gouvernement n'augmentait pas l'appui qu'il donne à la recherche et aux études et mises au point en général, surtout dans l'industrie, je n'estime pas que nous devrions exercer une pression pour obtenir davantage dans notre domaine. Il me semble que nous ne tiendrions pas suffisamment compte des besoins de notre pays s'il fallait augmenter les dépenses au titre de la recherche dans un seul domaine, en n'étendant pas cette mesure à tous.

M. BEST: J'ai posé cette question en partie parce que je crois que si l'on examine les fonds affectés au Conseil national de recherches les trois ou quatre, ou même cinq dernières années, on constatera qu'ils ont augmenté plus rapidement que ceux destinés à l'A.E.C.L.

M. GRAY: Je n'ai pas les chiffres devant moi, mais ils sont montés de 1 ou de 2 millions de dollars à 9 millions pour les subventions aux universités qui font des recherches et pour accorder des bourses, ce qui représente la principale augmentation au Conseil national de recherches, une excellente chose d'ailleurs. Nous n'accordons pas de bourses. Nous ne donnons pas de subventions aux recherches poursuivies dans les universités. Tout cela, c'est-à-dire les dépenses du gouvernement de cette nature, passe par le Conseil national de recherches.

M. BEST: Avez-vous quelques points de comparaison, à part les travaux d'armement, dans les dépenses analogues aux États-Unis pour les études relatives aux réacteurs énergétiques, et autres utilisations pacifiques du matériel nucléaire?

M. GRAY: Rien de très précis. Il est très difficile de faire abstraction des travaux d'armement. Les dépenses aux États-Unis et au Royaume-Uni sont certainement beaucoup plus élevées maintenant par habitant, mais cela comprend généralement les travaux d'armement. Il est pour ainsi dire impossible de séparer ce montant des autres au Royaume-Uni. Nous avons essayé de faire cette distinction en ce qui concerne les États-Unis, pour constater que nous sommes pour ainsi dire au même niveau que ce pays. Mais il est très difficile d'obtenir une base de comparaison vraiment valable.

M. BEST: Vous estimez effectivement que les États-Unis pourraient dépenser de 200 à 300 millions de dollars pour l'utilisation pacifique?

M. GRAY: Je crois que cette donnée est de 300 ou 400 millions de dollars. Mais les dépenses générales s'élèvent à des milliards.

M. BEST: Deux ou trois milliards de dollars?

M. GRAY: Au Royaume Uni il s'agit de 100 millions de livres, c'est-à-dire d'une dépense nette de 300 millions de dollars. Mais elle comprend une partie du programme d'armement.

M. BEST: A titre purement hypothétique, je vous demanderais de nous dire si, au cas où l'on vous offrirait, mettons, un million, ou même dix millions de dollars pour faire une étude sur d'autres modèles de réacteurs ou un autre genre de recherche nucléaire—restons-en, pour le moment, aux modèles de réacteur—vous accepteriez cette offre.

M. GRAY: Certainement, si le gouvernement nous le demandait. Toute dépense dans le domaine des recherches et des miss au point, surtout si l'on en fait bénéficier l'industrie, serait une bonne chose pour notre pays.

M. BEST: Si vous pensiez pouvoir obtenir ces fonds—ce qui, soit dit en parenthèses, arrive d'ailleurs souvent— pour vous-même ou pour l'A.E.C., demanderiez-vous cette subvention?

M. GRAY: En tant que Canadien, je préférerais beaucoup demander que les capitaux de cette nature soient canalisés vers l'industrie, pour qu'elle puisse effectuer les recherches et les mises au point nécessaires.

M. DRYSDALE: Qu'entendez-vous par des capitaux canalisés vers l'industrie?

M. GRAY: Je ne saurais dire ici comment je m'y prendrais, car la chose est étudiée à plusieurs échelons, mais j'estime, ainsi que je l'ai dit cet après-midi, que le gouvernement se doit de stimuler l'industrie si nous voulons augmenter les dépenses de recherche et de mise au point dans notre pays. L'effort nécessaire pour nous maintenir à notre rang actuel ne viendra pas par lui-même.

M. le PRÉSIDENT: Messieurs, nous pourrions continuer à interroger M. Gray pendant longtemps encore. Toutefois M. Alcock étant ici...

M. BEST: Je ne pense pas qu'il veuille venir demain.

M. DRYSDALE: Je voudrais demander à M. Gray des explications plus détaillées sur ce sujet, mais pas nécessairement maintenant.

M. le PRÉSIDENT: Il est là. Il se tiendra à notre disposition demain et tout le mois prochain sauf un jour ou deux.

M. PITMAN: Le professeur Andrews reviendra-t-il après ce soir?

M. le PRÉSIDENT: Avez-vous posé toutes vos questions au professeur Andrews?

M. PITMAN: Je voudrais lui en poser une ou deux.

M. le PRÉSIDENT: Il sera ici; il a pris un appartement au Château Laurier.

M. PITMAN: Je vous remercie beaucoup, monsieur le président. Ce document nous a été transmis aujourd'hui et je voudrais vous demander de nous parler, en tant qu'universitaire spécialisé dans ce domaine, du rôle que, d'après vous, les universités jouent dans la recherche nucléaire; estimez-vous que les universités canadiennes forment suffisamment de physiciens nucléaires?

Le professeur ANDREWS: D'après l'étude de l'Association nucléaire du Canada, nous formons suffisamment de physiciens nucléaires pour les besoins de notre programme de recherche et de mise au point. Les universités sont assez bien dotées d'équipement lourd pour les expériences de physique. Cet équipement nous permet d'entreprendre des recherches à long terme assez poussées.

M. PITMAN: Et les cours réguliers?

Le professeur ANDREWS: Je crois que les cours réguliers forment suffisamment de physiciens nucléaires pour les besoins de notre programme, ce qui n'est toutefois pas le cas, d'une façon générale, pour la recherche appliquée. Ceux qui se destinent à la recherche appliquée: ingénieurs, techniciens, qui s'occupent des plans, de la construction et du fonctionnement des usines nucléaires ne reçoivent qu'un mince bagage de connaissances nucléaires. C'est une lacune, à

mon avis, et je ne doute pas que votre Comité voudra étudier les moyens d'élargir cet enseignement, surtout dans le domaine de la recherche nucléaire appliquée. Notre propre université compte plus de programmes de recherche appliquée que la plupart des autres institutions, mais l'ensemble de la recherche nucléaire appliquée entreprise dans les universités canadiennes reste bien en deçà de ce qu'exigerait, il me semble bien le programme national.

M. PITMAN: Pouvez-vous en donner la raison; est-ce à cause des cours universitaires?

Le professeur ANDREWS: C'est parce que les étudiants ne s'inscrivent pas à ces cours du fait qu'ils ne les mènent à rien. L'industrie n'offre aucune possibilités pour ceux qui se destineraient à la recherche nucléaire, sur le plan des études, de la mise au point et de la construction.

M. PITMAN: Vont-ils aux États-Unis?

Le professeur ANDREWS: Nous espérons que ceux que nous formons maintenant commenceront bientôt à alimenter l'industrie d'une façon importante. Depuis quelque temps, nos efforts sont plutôt qualitatifs que quantitatifs et nous choisissons des sujets doués. Nous leur offrons un enseignement nucléaire de base sérieux et complet, et la possibilité de faire de la recherche appliquée dans une spécialité du génie nucléaire. Nous constatons que ces sujets ont bien plus de chance de trouver une place que ceux qui n'ont reçu qu'une formation nucléaire générale et superficielle.

M. PITMAN: La plupart de ces étudiants trouvent-ils pour finir une place à l'*Atomic Energy of Canada*; n'est-ce pas leur seule possibilité pour ainsi dire?

Le professeur ANDREWS: Jusqu'à présent, pour ainsi dire, le seul employeur possible des diplômés en génie nucléaire des universités canadiennes a été l'*Atomic Energy of Canada Limited*. Nos étudiants qui ont suivi des cours de physique nucléaire sont si nombreux qu'un petit nombre d'entre eux seulement peuvent être employés dans le secteur du génie nucléaire. Ainsi, en science appliquée, sur les dix ou quinze étudiants qui sont diplômés chaque année de l'université de Toronto, deux à peine pourront trouver un emploi dans le secteur nucléaire.

M. PITMAN: Et les autres, trouvent-ils un emploi dans le génie en général ou font-ils un travail de physicien?

Le professeur ANDREWS: La plupart d'entre eux essaient de trouver un emploi relié au génie atomique ou, à défaut, se cherchent une place dans une entreprise promise, espèrent-ils, à un avenir nucléaire, à l'exécution de contrats industriels.

M. PITMAN: La *Canadian General Electric*?

Le professeur ANDREWS: C'est une exception, puisqu'elle s'occupe déjà de génie nucléaire; je parle des autres entreprises figurant sur la liste relative à l'énergie nucléaire et qui ont travaillé à la fabrication de plusieurs pièces employées dans les centrales nucléaires. Du point de vue de l'économie nationale, il est bon que des techniciens ainsi formés se placent dans des entreprises de ce genre, car ces techniciens comprennent la terminologie nucléaire, peuvent établir des soumissions ou des contrats et effectuer des études préliminaires. C'est plus tard qu'on se rendra compte de leur utilité.

M. PITMAN: Je voudrais poser une question pertinente à M. Gray. Pensez-vous que les universités forment suffisamment de spécialistes ou devez-vous en recruter à l'extérieur du pays?

M. GRAY: La réponse n'est pas un oui catégorique mais presque. La branche pour laquelle nous avons de la peine à recruter des spécialistes est la métallurgie. La situation est bonne à Toronto et l'Université de la Colombie-Britannique est

la seule autre école formant des métallurgistes. Cette carence ne se fait pas sentir au Canada seulement mais partout. C'est une des branches où il y a beaucoup à faire.

M. PITMAN: A-t-on déjà cherché à obtenir des universités qu'elles forment ces spécialistes? Y a-t-il eu un effort concerté en ce sens? Je ne puis m'empêcher de penser que c'est l'une des raisons pour lesquelles vous tenez à l'amélioration du programme nucléaire industriel. Est-ce juste?

M. GRAY: Je ne pense pas. La principale raison pour laquelle nous tenons à l'amélioration du programme industriel, c'est que ce sont les industriels qui devront construire les réacteurs. Nous ne nous occupons pas de la construction des réacteurs et nous ne devrions même pas nous occuper d'études de génératrices atomiques, ce que nous cesserons de faire d'ici peu, du reste; ainsi nous devons renforcer l'industrie canadienne et amener les entreprises canadiennes de la construction mécanique à s'intéresser à l'affaire.

M. PITMAN: Pensez-vous que le système d'enseignement, tel qu'il existe actuellement soit en mesure de répondre à ce besoin?

M. GRAY: Oui. Je crois que notre système d'enseignement actuel donnera tous les sujets dont on aura besoin les cinq ou dix prochaines années, selon toutes prévisions. Je ne suis pas entièrement d'accord avec le professeur Andrews. Pour ce qui est de la physique par exemple, je suis sûr que nous n'employons pas 10 p. 100 des physiciens diplômés, mais la chose n'est pas nouvelle. On formait des physiciens en 1938 et 1939 déjà, bien avant la découverte de l'énergie atomique. L'ingénieur physicien qui ne connaît pas à fond la technique de l'électronique, par exemple ou d'autres techniques n'est pas un bon ingénieur; dire je ne pense donc pas qu'on s'attende à ce que nous embauchions tous les ingénieurs physiciens.

Le professeur ANDREWS: Puis-je apporter une légère rectification? Pour répondre à M. Gray, tous nos ingénieurs physiciens sont spécialisés dans le domaine nucléaire.

M. PITMAN: Je voudrais demander au professeur Andrews s'il estime que notre enseignement nucléaire vaut celui des universités américaines ou britanniques.

Le professeur ANDREWS: Il est passablement inférieur, surtout à cause du peu d'intérêt manifesté par le secteur industriel. Somme toute, les étudiants doivent trouver une place dès qu'ils sont diplômés. Ils doivent trouver un emploi. Qu'importe qu'ils aient une formation parfaite s'ils ne peuvent trouver le moyen de la mettre à contribution et qu'ils demeurent ainsi des sujets inutiles. Cela fait qu'en général les étudiants ne recherchent pas une formation complète en génie nucléaire.

M. PITMAN: Monsieur le président, il y a peut-être d'autres lacunes en ce qui concerne les applications industrielles. Je me demande si les universités canadiennes sont en mesure de donner une formation en génie nucléaire. Prenons par exemple l'*Ontario Agricultural College*; a-t-il l'équipement et le personnel voulus pour donner des cours de génie nucléaire?

Le professeur ANDREWS: L'étude dont parle le député porte, non seulement sur les universités, mais aussi sur toutes les institutions d'enseignement, y compris celles qui donnent la deuxième ou troisième année d'université et que les étudiants quittent pour passer ensuite à une université plus importante. L'OAC est une institution de ce genre. Elle s'est intéressée à l'application des radiations nucléaires à l'agriculture, question très importante pour notre économie. Elle est amenée à s'occuper de ce genre d'étude à cause de l'intérêt très grand qu'il pourra présenter pour un secteur très important de notre économie.

M. PITMAN: Je cherche à savoir si l'enseignement donné dans les universités est celui qui répond aux besoins du pays. Dans le passage consacré aux cours réguliers de physique nucléaire, à la page 4 de la brochure, on lit qu'il est donné des cours réguliers de physique nucléaire. Il ressort de la brochure que dans le domaine nucléaire, le minimum nécessaire est deux pleins cours dans la dernière année, combinés avec un travail de laboratoire approprié. Vous ne jugeriez pas qu'un diplôme en physique nucléaire est suffisant pour qui veut se consacrer au génie nucléaire?

Le professeur ANDREWS: M. Gray est peut-être d'un autre avis, mais, parlant en tant que professeur universitaire, je crois que ce serait insensé de former des gens qui connaîtraient à fond la physique nucléaire et ignoreraient tout de la physique en général.

M. PITMAN: Ainsi c'est un enseignement post-universitaire, en général?

Le professeur ANDREWS: Dans les cours réguliers, nous essayons de donner une formation générale avec la possibilité pour les étudiants d'approfondir leurs connaissances en science nucléaire et en physique nucléaire. Dans notre propre université, les étudiants peuvent se consacrer entièrement aux études avancées en sciences nucléaires, pour obtenir la maîtrise ou le doctorat en sciences nucléaires.

M. PITMAN: Les cours post-universitaires en physique nucléaire mènent-ils au doctorat?

Le professeur ANDREWS: Voici le rapport que M. Watson a déposé. Il ressort du tableau 15 que douze universités offrent aux diplômés des cours de plein temps et quatre universités, des cours à temps partiel. D'après nous, ces douze premières universités peuvent assurer aux étudiants une formation de tout premier ordre en physique nucléaire. La dernière colonne montre que 15 universités sont à même d'offrir aux diplômés la possibilité de faire de la recherche avancée en physique nucléaire. Telle est la situation en ce qui concerne les universités canadiennes.

M. PITMAN: Une dernière question. La page 17 traite des installations destinées à la recherche nucléaire. Il me semble que d'une université à l'autre il existe une disparité extrême dans les installations. Pensez-vous que ces installations soient très différentes d'une université à l'autre?

Le professeur ANDREWS: C'est très heureux, d'une certaine façon. Il faut y voir la manifestation du libre développement de la science nucléaire dans les universités. Certaines institutions préfèrent s'attacher à une spécialisation en particulier. Ainsi, il ne fait pas de doute qu'en Saskatchewan, la spécialisation importante est l'application des radiations à l'amélioration des récoltes.

La section de physique de l'université de la Colombie-Britannique est très étendue. Nous avons voulu, dans notre programme, faire une large place à la science appliquée; nous offrons plus, dans ce domaine, que toutes les autres universités ensemble.

M. PITMAN: Je constate que Toronto et McMaster sont au tout premier rang. Pouvez-vous me dire d'où viennent les fonds? Du Conseil national de recherches?

M. le PRÉSIDENT: Monsieur Pitman, je ne voudrais pas vous interrompre, mais si vous en avez pour longtemps, d'autres députés s'intéressent au sujet. Il est important. Pourrions-nous maintenant passer la parole à M. Alcock, car son exposé sera bref et il pourra finir ses dépositions ce soir peut-être. Est-on d'accord?

M. Alcock n'a pas rédigé de mémoire. Il nous fera un exposé en commençant par nous dire quelle a été son activité jusqu'ici.

M. BEST: Je tiens à dire que M. Alcock et le professeur Andrews sont mes commettants et viennent du comté historique de Halton.

M. NORMAN ALCOCK: Monsieur le président et messieurs, et distingué membre du Parlement, je suis ingénieur électricien et physicien nucléaire. Voici brièvement ce que j'ai fait jusqu'ici: recherche appliquée sur le radar pendant la guerre; recherche énergétique en physique nucléaire à Chalk River les quatre ans qui ont suivi la guerre; puis j'ai travaillé pour une petite entreprise s'occupant d'isotopes radio-actifs. De fait, elle était la première entreprise à travailler exclusivement dans le domaine de la radio-activité. J'en ai été le vice-président pendant sept ans. Puis je suis devenu directeur technique de la *Canadian Curtis-Wright* qui a pris à son compte les isotopes soit la fabrique d'instruments scientifiques. La société mère de la *Canadian Curtis-Wright* fabriquait des réacteurs; l'entreprise canadienne ne fabriquait pas de réacteurs, mais des instruments scientifiques et de radiographie. Voilà mes antécédents, dans les grandes lignes. Je m'excuse de ne pas présenter de mémoire écrit. Je vais peut-être mettre les sténographes davantage à contribution, mais vous épargnerez sans doute du temps.

J'ai pris quelques notes sur le genre de programme que, d'après moi, on voudrait voir se réaliser dans le domaine de l'énergie atomique au Canada; ayant passé la moitié de mon temps à des recherches dans le secteur public et l'autre moitié dans le secteur privé, je crois pouvoir faire quelques observations générales qui seront peut-être utiles. Voici tout d'abord les objectifs qu'il serait bon de fixer au programme d'énergie atomique du Canada. Ils sont au nombre de quatre. Premièrement, nous voulons pouvoir vendre l'uranium canadien; deuxièmement, nous voulons que la recherche entreprise au Canada dans le domaine nucléaire nous maintienne au premier plan sur la scène internationale; troisièmement, nous voulons consolider notre industrie de fabrication nucléaire; et quatrièmement, en tant que pays possédant une certaine compétence nucléaire, nous voulons aider les pays sous-développés. D'après moi, ces quatre objectifs devraient nous aider à savoir où nous allons et ce que nous devons entreprendre.

On me permettra d'exposer quelques généralités et d'énoncer une demi-douzaine de recommandations en découlant. Et tout d'abord la vente de l'uranium canadien. Voici quelques faits. Nous ne pouvons exporter de l'uranium à l'étranger ni en vendre à des acheteurs canadiens avant d'avoir un réacteur industriel, et nous n'en aurons pas tant que le CANDU ne sera pas mis en exploitation. Cela étant, nous vendrions aux pays étrangers de l'uranium pour d'autres modèles de réacteurs que le nôtre. La plupart de ces réacteurs utilisent de l'uranium enrichi. Par conséquent, pour pouvoir vendre, et d'ici que nous ayons un réacteur qui ait fait ses preuves, il nous faut nous lancer dans la production de l'uranium enrichi.

La production d'uranium enrichi est peut-être plus facile qu'il y a quelques années, surtout depuis l'invention allemande de la méthode centrifuge, qu'on ne puisse y recourir pour l'instant, je crois. Toutefois, cette invention facilite la chose. Ainsi nous n'envisageons plus la production d'uranium enrichi sous le même jour qu'il y a cinq ans. Nous savons que les producteurs d'uranium ont probablement retiré de l'économie plus qu'ils n'y ont apporté, de sorte que nous pouvons attendre d'eux qu'ils ne négligent pas cette voie qui s'offre pour la vente de notre uranium.

J'énumère quelques faits pris ici et là, et dès que j'aurai fini mon court exposé, vous pourrez m'interroger. Enfin, on constatera peut-être que les réacteurs régénérateurs ne donneront pas nécessairement lieu à un large volume de ventes d'uranium, car, avec ce genre de générateurs, il se vendra beaucoup moins d'uranium qu'avant leur apparition. Nous pouvons, à partir de ces faits, résumer quelques brèves recommandations concernant la vente d'uranium. Premièrement, le Canada aurait intérêt à avoir une usine d'enrichissement d'uranium pour que nous n'ayons pas seulement de l'uranium ordinaire à vendre. Deuxièmement, le Canada n'aurait pas intérêt, dans un proche avenir, à favoriser les réacteurs

régénérateurs. Cela en vue de la vente d'uranium. Troisièmement, il faut que le Canada arrive au premier rang dans la recherche nucléaire. Ici, un fait notoire à relever : depuis quelques années, le Canada jouit d'une réputation enviable dans le domaine de la recherche pure. Je sais que tous les membres du Comité le savent, qu'ils savent que depuis la guerre nous nous sommes taillé une réputation internationale dans ce domaine. Dans le monde entier, le nom de Chalk River est lié à la recherche pure. Ce fait a influé fortement sur cette denrée impalpable qu'est la réputation du Canada et il a largement contribué à donner à notre pays, dans les conseils scientifiques mondiaux, un rang qu'il n'aurait peut-être pas eu autrement.

La réputation étant une valeur immatérielle, il est difficile d'en fixer le prix en dollars, mais, comme nous pouvons apprécier les effets de la position que nous nous sommes acquise dans la recherche pure en matière nucléaire, nous tenons à maintenir cette position. Comme corrolaire à la recherche pure, nous avons fait un excellent travail en recherche appliquée ou nous nous sommes sagement concentrés sur les génératrices nucléaires de base au lieu de faire porter nos efforts sur beaucoup d'autres genres de génératrices. Je dis «sagement» parce que nous disposons d'un personnel limité et parce que c'est de beaucoup la meilleure génératrice nucléaire. Son avenir s'annonce beaucoup plus brillant que celui des autres. Ainsi, du point de vue des investissements, c'est réacteur qui rapportera le plus.

Nous avons aussi—personne ne l'ignore ici—placé tous nos espoirs dans le seul modèle de réacteur que nous avons adopté. C'est simplement une constatation à faire quand on parle de la recherche canadienne dans le domaine nucléaire. On peut se demander quelles sont les mesures à prendre à cet égard. J'en vois deux. D'une part, nous devons continuer à encourager la recherche dans le domaine nucléaire, non seulement à Chalk River mais également dans les universités. D'autre part, nous sommes en droit d'attendre qu'il se fasse davantage de recherche pure à Chalk River et que les universités, qui se prêtent très bien à la recherche pure, développent ce domaine.

Dans la recherche appliquée, s'attendrait... mais il est peut-être bon que je laisse cette question en suspens jusqu'à ce que j'en sois à celle des mesures à prendre pour renforcer l'industrie de fabrication canadienne. Voici le deuxième point de mon exposé : le programme canadien de recherche est-il suffisant ? Il me semble que le comité serait beaucoup plus utile s'il y avait continuité, et si l'on séparait la surveillance de la recherche proprement dite. Il est extrêmement difficile d'être son propre juge. Le comité, qui est au courant de la réalité mieux que personne, n'est pas sans savoir que nous avons eu tendance jusqu'ici à juger nous-mêmes, en matière de recherche nucléaire, nos propres résultats. Il n'est peut-être pas inutile de rappeler qu'on ne peut juger objectivement son propre cas. Le comité a donc pour attributions d'exercer une certaine surveillance, je veux dire, dans la recherche appliquée aux conceptions techniques. Il me semble que la continuité s'impose dans ce genre de travail. La continuité serait peut-être assurée si la chose relevait d'un ministre, d'un membre du cabinet. Mais, ici encore, ce sont des réflexions sur un sujet qui relève beaucoup plus de votre compétence que de la mienne. Néanmoins le Comité peut faire œuvre utile.

M. BEST : Pensez-vous à un ministère existant ou à un nouveau ministère ?

M. ALCOCK : Je crois qu'un nouveau ministère des Sciences serait beaucoup mieux à même de diriger le domaine de l'énergie atomique, ainsi que le domaine de la science en générale, car l'énergie atomique influe sur notre vie de bien des façons. Elle s'impose à notre manière de voir et il est bien inutile d'ajouter qu'elle joue un rôle sur la scène politique.

M. le PRÉSIDENT : Je suis heureux d'avoir quelqu'un qui m'appuie, M. Best.

M. ALCOCK: Cette remarque me réjouit, monsieur le président. Maintenant, je vais parler de la recherche atomique au Canada. Voici le troisième point. Étant donné l'objectif que je propose, le programme d'énergie atomique devrait renforcer l'industrie de fabrication canadienne. A ce propos, je dirai que les fabricants canadiens spécialisés dans le domaine atomique doivent être encouragés et appuyés, en partie parce que le domaine est nouveau, en partie parce qu'il est étendu et implique des frais énormes, et finalement parce qu'il comporte beaucoup de risques. Le domaine est vaste et le fabricant agira forcément de façon plus timorée qu'il ne l'aurait fait dans un autre secteur de l'économie nationale. Il faut l'encourager. Les encouragements dont il a bénéficié jusqu'ici n'ont pas été aussi importants qu'on l'aurait voulu. Et là, je puis parler en toute connaissance de cause des entreprises canadiennes qui essayent de se tailler une place dans ce domaine, se heurtent à la concurrence des autres pays et à toutes sortes d'obstacles, notamment au chapitre des exportations, qui font que les bénéfices possibles des deux ou trois prochaines années ne correspondront probablement pas à ceux que la plupart des entreprises doivent rechercher. Cet état de choses peut donner lieu à d'autres recommandations encore, et pour développer une industrie nucléaire de l'ampleur que nous souhaitons tous, il est presque nécessaire de confier aux entreprises canadiennes plus de contrats de mise au point. Les universités et Chalk River pourraient se consacrer davantage à la recherche pure; on y pourrait faire un peu de recherche appliquée. Mais il faut encourager davantage l'industrie canadienne à se charger de la recherche appliquée, de la mise au point et des études techniques.

Pour finir, je vais parler brièvement de l'aide aux autres pays, domaine qui n'a peut-être pas été abordé mais qui est important, et pour deux raisons. Il est important d'abord pour le bien général du Canada, pour le bien de notre propre industrie de fabrication et pour celui de notre propre production d'uranium, et ensuite pour le bien de beaucoup de pays sous-développés fortement déficitaires en énergie et qui sont peut-être prêts à passer par-dessus les sources énergétiques classiques pour se lancer dans le domaine nucléaire. Voilà pourquoi nous avons besoin d'un prototype qui marche bien. Aucun pays ne s'intéressera à des génératrices atomiques tant qu'ils n'en auront pas vu un prototype en service. A cet égard nous devons être prêts à accorder des crédits à long terme, sinon, au début à faire des dons purs et simples; mais il nous faudra certainement consentir des crédits à long terme pour aider les pays sous-développés.

Il ressort de tout cela que nous devrions nous lancer à fond dans la mise au point du NPD pour avoir un prototype en service. Ce serait la première chose à faire pour aider l'industrie de fabrication et l'industrie de l'uranium. La deuxième recommandation que je formulerai—et là je reviens au développement unilatéral de nos efforts—c'est que nous devrions non seulement diviser le contrôle, fonction que le comité assume admirablement, mais aussi encourager la mise au point d'autres types de réacteurs, spécialement le réacteur à haute température qui promet beaucoup et sera très probablement celui qu'on utilisera dans l'avenir. Il nous faut concentrer tous nos efforts sur le NPD pour obtenir un prototype de service. Nous devrions nous couvrir un peu contre les risques, si vous voulez, et nous lancer dans la mise au point d'un réacteur à haute température. Chalk River pourrait se charger du travail de recherche et l'industrie canadienne, des conceptions techniques. Les deux genres de réacteurs ont leurs avantages bien marqués. Dans un pays comme le Canada qui, ces 20 ou 30 prochaines années, va se lancer à fond de train dans l'énergie atomique, il serait peu sage de se confiner à un seul genre de réacteur.

Monsieur le président, cela termine mon bref exposé.

Le PRÉSIDENT: Merci, M. Alcock.

Monsieur Gray, avez-vous des observations à formuler?

M. DRYSDALE: Pouvons-nous poser des questions à M. Alcock et éventuellement des questions supplémentaires à M. Gray? C'est au fond M. Alcock que nous interrogeons maintenant.

M. Alcock, pouvez-vous nous expliquer le procédé d'enrichissement par la centrifugation? Y a-t-il une grande différence entre ce procédé et celui de la diffusion?

M. ALCOCK: Je ne puis vous l'expliquer en détail. Je crois que l'installation peut être plus réduite que dans l'usine qui emploie la diffusion. Le professeur Andrews en sait probablement davantage que moi.

M. DRYSDALE: J'en déduis que vous n'avez pas étudié les différentes considérations financières entrant en jeu et ne pouvez dire si ce serait plus économique que dans le cas de la diffusion.

M. ALCOCK: Je ne pense pas que ce soit une question d'économie; je pense plutôt que l'usine à construire serait plus petite et n'entraînerait pas une dépense de 100 millions. On pourrait commencer par une usine plus modeste.

M. DRYSDALE: Vous avez insisté sur la vente d'uranium canadien, puis vous avez parlé du procédé d'enrichissement par centrifugation. Puis, à propos des pays sous-développés, vous avez dit que nous devrions pousser la mise au point du prototype NPD, qui est le réacteur à eau lourde utilisant l'uranium naturel. Mais alors qu'arrive-t-il à l'uranium enrichi? Ne faudrait-il pas tout d'abord mettre au point un prototype canadien utilisant l'uranium enrichi, ce qui ouvrirait un marché pour l'uranium enrichi?

M. ALCOCK: Voici la réponse, d'après moi: la plupart des réacteurs de l'étranger utilisent l'uranium enrichi. Nous ne savons même pas si nous n'utiliserons pas plus tard de l'uranium enrichi pour notre propre réacteur à eau lourde. Des réacteurs l'utilisent et si notre industrie minière canadienne veut vendre l'uranium sur le marché mondial, sans parler de notre propre marché national, il serait bien plus intéressant de vendre le produit enrichi que le produit naturel.

M. DRYSDALE: Pensez-vous que ce soit juste d'encourager les pays sous-développés à utiliser de l'uranium enrichi, alors que nous mettons au point un réacteur à eau lourde?

M. BEST: Je pense que nous ne pouvons pas nous arrêter à mi-chemin.

M. DRYSDALE: Puis-je poser une question?

M. le PRÉSIDENT: Le témoin en a déjà parlé. Il a déjà traité le sujet soulevé par M. Best.

M. ALCOCK: C'est bien cela. Nous sommes si avancés dans la mise au point du réacteur, qui sera une grande réussite, pensons-nous, qu'il serait insensé de dire: «Un meilleur modèle sera peut-être mis au point, arrêtons-nous là.» L'entreprise est bien en train, et nous devons l'achever. Nous savons bien que ce n'est que le premier réacteur que nous aurons. Nous ne savons pas pour combien d'années il sera un succès: deux ans, vingt ans, trente ans. Mais si le NPD est une réussite et si nous pouvons le vendre dans les autres pays, ces derniers nous achèteront de l'uranium naturel. Si, par contre, il s'élève des doutes et que nous procédions à la mise au point d'un autre réacteur, alors nous pourrions leur dire nous nous occupons aussi d'uranium enrichi et que nous pourrions répondre à leurs besoins.

M. DRYSDALE: Mais les pays sous-développés se seront engagés. Autrement dit, cette situation sert les intérêts du Canada, mais pas nécessairement ceux d'un autre pays.

M. ALCOCK: Pour acheter de l'uranium enrichi ou de l'uranium naturel, les pays sous-développés voudront pouvoir s'adresser à au moins deux pays et obtenir des prix de concurrence.

M. STEARNS: Considérant l'avenir, mettriez-vous la construction d'une génératrice à uranium enrichi avant celle d'une génératrice à eau lourde?

M. ALCOCK: Oui. Parce qu'il y va de l'intérêt du Canada de vendre plus que des réacteurs. Nous sommes un gros producteur d'uranium. J'estime que les producteurs d'uranium eux-mêmes devraient s'intéresser à l'affaire. L'État pourrait offrir un certain encouragement, mais les plus gros investissements devraient venir d'eux. Une génératrice à uranium enrichi servirait les intérêts des producteurs d'uranium.

M. SLOGAN: M. Alcock pensez-vous que l'industrie, au Canada, porte à la recherche appliquée tout l'intérêt qu'elle devrait lui manifester?

M. le PRÉSIDENT: Voulez-vous dire l'industrie en général ou l'industrie de l'uranium?

M. SLOGAN: Je veux dire, pour ce qui est des études de réacteurs, le secteur industriel qui englobe les grandes entreprises de constructions électriques.

M. ALCOCK: Pour ce qui est des études de réacteurs, non. Dans ce domaine, la difficulté majeure, au Canada, c'est que la plupart des entreprises sont des filiales d'entreprises américaines ou anglaises. Cette considération mise à part, les risques sont énormes et je crois qu'ils doivent être partagés. Nous avons là, du point de vue du rendement, un domaine qui est bien moins attrayant que d'autres, si l'on songe aux sommes à consacrer aux travaux de recherche et de mise au point.

M. SLOGAN: La plupart de ces entreprises étant des filiales, pensez-vous que les entreprises-mères dépensent davantage pour la recherche dans leur propre pays? Pensez-vous qu'elles imposent à leurs filiales des limites aux recherches que ces dernières entreprendraient autrement?

M. ALCOCK: J'en suis sûr. Du point de vue financier, il est plus commode pour elles que les recherches s'effectuent en Californie, dans le New-Jersey ou en Angleterre. Il me semble que le Comité ferait bien d'examiner les mesures fiscales à prendre ou les subventions à accorder pour encourager l'industrie canadienne à se charger de plus de recherches dans ce domaine.

M. SLOGAN: Pensez-vous que l'industrie de l'uranium devrait voir à ce que le Canada dispose d'une usine d'enrichissement?

M. ALCOCK: Je le crois, oui.

M. SLOGAN: Dans son propre intérêt au fond?

M. ALCOCK: Oui.

M. AIKEN: M. Alcock, en disant que la AECL pourrait se lancer dans d'autres recherches, vous inspirez-vous de considérations économiques ou de considérations scientifiques seulement?

M. ALCOCK: Je ne suis pas sûr d'avoir bien compris la question. Voulez-vous dire que si la AECL se lançait dans des recherches de base elle encouragerait davantage l'industrie à se charger d'études et de recherche appliquée? Est-ce bien ce que vous demandez?

M. AIKEN: Je vais m'expliquer. J'ai cru comprendre que la AECL devrait, selon vous, modifier son programme de recherche et se consacrer davantage à l'uranium enrichi. Ai-je bien compris?

M. ALCOCK: Que la AECL pourrait faire des recherches dans ce domaine, oui.

M. AIKEN: Dans le domaine de l'uranium enrichi?

M. ALCOCK: Oui. Si le pays a tout intérêt à avoir une usine d'uranium enrichi et si la AECL est extrêmement bien équipée pour la recherche de base, il s'ensuit logiquement qu'elle devrait faire la recherche de base dans ce domaine.

M. AIKEN: A votre avis, elle devrait se charger de cette recherche de base?

M. ALCOCK: Oui.

M. AIKEN: A propos d'une usine d'enrichissement, pensez-vous qu'il serait économiquement avantageux d'en construire une pour vendre de l'uranium enrichi maintenant que le prix de l'uranium naturel est si bas?

M. ALCOCK: Je le pense, si, dans l'avenir—et il faut toujours penser à l'avenir—il doit se vendre surtout de l'uranium enrichi.

M. AIKEN: Vous dites «si»?

M. ALCOCK: Je dis s'il se vendait surtout de l'uranium enrichi, comme tout semble l'indiquer, d'ailleurs. Or, si nous voulons continuer à produire de l'uranium au même rythme que jusqu'ici, il est évidemment que nous devons être prêt à produire de l'uranium enrichi pour pouvoir l'exporter les dix, vingt ou trente prochaines années.

M. AIKEN: Durant les audiences du Comité, nous avons appris que c'est plutôt le réacteur à eau lourde utilisant de l'uranium naturel qui a la faveur.

M. BEST: C'est une question critique, monsieur le président. Je voudrais que le professeur Andrews se prononce là-dessus. Nous savons qu'on travaille beaucoup sur les réacteurs à eau lourde autour de nous, mais quelle est la tendance?

M. ALCOCK: Je crois qu'à l'avenir—et là Chalk River me donnerait raison à certains égards—on adoptera davantage les réacteurs utilisant l'uranium enrichi. En effet, d'après la déposition de M. Lewis, on envisage un léger enrichissement de l'uranium naturel pour les réacteurs à eau lourde.

M. AIKEN: Cela ne veut pas dire nécessairement un autre genre de réacteur à eau lourde?

M. ALCOCK: Non, pas du tout; mais le simple fait d'envisager un léger enrichissement de l'uranium milite en faveur d'une usine d'enrichissement parce que, au fond, à l'avenir, tous les réacteurs utiliseront l'uranium enrichi.

M. AIKEN: Dans une certaine mesure?

M. ALCOCK: Oui.

M. AIKEN: Pensez-vous que l'enrichissement de l'uranium, le cas échéant, soit du ressort de l'entreprise privée, celle de l'uranium par exemple?

M. ALCOCK: Pourquoi pas. Les principales recherches de base pourraient se faire dans un établissement de l'État mais, en dernière analyse, je ne vois pas pourquoi l'industrie privée ne pourrait pas s'en charger.

M. AIKEN: Pensez-vous que les producteurs d'uranium veuillent, maintenant ou dans un proche avenir, se lancer dans une telle entreprise?

M. ALCOCK: Comment le savoir? Votre Comité est peut-être mieux placé pour l'apprendre.

M. AIKEN: Pensez-vous que quelqu'un devrait l'envisager sérieusement?

M. ALCOCK: Les producteurs d'uranium oui, pour deux raisons, premièrement leur propre intérêt et deuxièmement les bénéfices de l'exploitation précédente.

M. le PRÉSIDENT: Je suis sûr, monsieur Aiken, que dans vos questions vous vous réferez à ce que l'industrie de l'uranium a apporté à la fondation de l'uranium, en vous demandant si c'est assez. Je crois que c'est là que vous voulez en venir.

M. AIKEN: J'aurais quelques questions encore, mais je ne sais si M. Alcock peut y répondre. Savez-vous l'importance de la recherche que l'industrie privée effectue à propos de l'utilisation de l'uranium?

M. ALCOCK: Cette recherche est presque inexistante au Canada.

M. AIKEN: Monsieur Alcock, nous avons eu des dépositions sur ce qui a été commencé. Pensez-vous que la recherche concernant aussi bien utilisation de l'uranium que l'énergie nucléaire avance assez rapidement?

M. ALCOCK: D'après moi, l'uranium servira plutôt aux génératrices atomiques qu'à des applications secondaires. Quand on a cessé d'en utiliser de grandes quantités pour les armements, il y a eu quelques années creuses, mais depuis une dizaine d'années, on en emploie de plus en plus pour les génératrices atomiques. Dès que ce mouvement battra son plein, il apportera des commandes inégalées en moulages, revêtements, cuirasses, etc.

M. AIKEN: Je crois que vous trouviez peut-être un peu à redire à la direction imprimée au programme actuel d'énergie atomique. Je n'en suis pas très sûr, mais pourriez-vous vous prononcer là-dessus?

M. ALCOCK: Je crois que la direction qu'on lui a donnée est très logique. Il était parfaitement logique de poursuivre la mise au point du réacteur à eau lourde. Je crois qu'on a fait là un travail excellent, qui nous vaut d'être aujourd'hui dans le monde l'autorité reconnue pour ce genre de réacteur. Il aurait été plus avantageux pour nous de pouvoir réaliser plus tôt un prototype industriel, mais là nous ne pouvons nous en prendre à Chalk River. Nous pouvons nous en prendre à l'État nous-mêmes, car nous n'avons pas développé notre programme d'énergie atomique aussi énergiquement qu'il aurait fallu.

A un moment donné, nous étions aussi avancés que l'Angleterre et les États-Unis, qui ont fini très vite par nous devancer, notre réacteur étant mis au point plus lentement que les leurs. Aujourd'hui, en 1961, on se rend compte que le réacteur à eau lourde ne sera probablement pas la solution définitive et qu'il ne s'implantera pas sur le marché aussi rapidement que s'il avait été mis au point en 1955. De nouveaux modèles font leur apparition.

M. AIKEN: Je reviens à mes premières questions sur des considérations économiques. Le Canada ne dispose pas de ressources illimitées à affecter à la recherche pure ou à la recherche appliquée. Étant donné l'étendue de notre pays et le chiffre de sa population, estimez-vous qu'il soit économiquement avantageux de poursuivre ce programme ou même de passer à un autre, au point où nous en sommes?

M. ALCOCK: D'après ce que M. Gray nous a dit aujourd'hui, il faudrait peut-être dix millions pour inventer et mettre au point un autre genre de réacteur. Nous avons entendu également des dépositions concernant la vente de l'uranium canadien et la nécessité de garder la bonne réputation du Canada dans le monde, mais il vaudrait peut-être la peine de dépenser ces dix millions de dollars. Si le réacteur à eau lourde est une réussite, tant mieux; mais, si nous constatons d'ici cinq ans que d'autres réacteurs se vendent mieux sur le marché mondial, nous regretterons probablement de ne les avoir pas envisagés.

M. BEST: Aux États-Unis cette industrie prend des proportions gigantesques.

M. ALCOCK: Prenons les chiffres, faisons l'extrapolation du volume d'énergie et prenons en considération la quantité d'uranium aux États-Unis; peu d'industries soutiennent la comparaison.

M. AIKEN: Je voudrais poser une question que j'ai adressée à plusieurs témoins. La quantité d'uranium utilisée par une génératrice atomique est minime au regard de la production totale d'uranium au Canada. Est-ce juste? Le prix et la quantité de l'uranium utilisé sont minimes, soit environ 70 tonnes

par année pour le CANDU, au regard de nos 15,000 tonnes d'uranium, de sorte que le combustible des génératrices atomiques ne joue pas un rôle important dans l'affaire. Est-ce juste?

M. ALCOCK: Pour ce qui est des réacteurs d'aujourd'hui. Mais quand on pense que la production sera d'un million de chevaux-vapeur, qu'il faudra pour cela plusieurs réacteurs pour égaler Shipshaw, et si on multiplie Shipshaw par 1,050, etc, quand on pense à ce que seront les besoins en énergie dans le monde d'ici vingt ans, on se rend compte de l'importance des quantités d'uranium utilisées. En se basant sur ce chiffre—un tiers sera de l'énergie nucléaire—on constate que 16,000 tonnes par année, ce n'est pas tellement élevé.

M. AIKEN: Voici ce que je veux dire: la différence entre les deux génératrices est-elle suffisante pour qu'il y ait écart sensible quant au coût?

M. ALCOCK: Je ne vous suis plus.

M. AIKEN: Le coût d'un autre genre de réacteur produisant de l'énergie—je veux parler du réacteur même, non du combustible—est-il plus bas ou comment expliquez-vous que l'exploitation d'un autre genre de réacteur coûterait meilleur marché?

M. ALCOCK: Ce n'est pas seulement une question économique mais en partie une question économique, en partie une question de stabilité. Faisons une comparaison; dès que les avions à réaction ont fait leur apparition on s'est rendu compte que la fabrication d'avions à hélices n'était plus rentable. C'est ce qui peut arriver lors de toute nouvelle découverte technique, dans le domaine des réacteurs aussi bien que dans le domaine des avions. J'en parle en connaissance de cause, car la maison pour laquelle je travaillais s'est ruinée en s'en remettant aux avions à hélices alors qu'elle aurait dû se tourner vers les avions à réaction.

M. AIKEN: On peut dire la même chose de la Canadair.

M. ALCOCK: Oui, il faut avoir l'œil ouvert sur les nouveaux genres de réacteurs. Voilà pourquoi je parle du facteur temps. Le réacteur acheté en 1955 ne sera plus du même genre que celui qui sortira en 1965. Le facteur temps joue un rôle essentiel dans l'évolution de la technique. Nous pouvons disposer de cinq, dix ou quinze ans, ou peut-être pas, et nous misons sur un avion à hélices alors que l'avion à réaction fait son apparition. Je ne sais quand l'ère des avions à réaction arrivera dans le domaine des réacteurs, mais il faut tenir compte de cette éventualité.

M. AIKEN: Ainsi votre idée se résume à ceci: vous trouvez que le programme actuel dirigé vers le réacteur à eau lourde est satisfaisant, mais qu'il faut effectuer des recherches dans d'autres genres de réacteurs.

M. ALCOCK: Je pense qu'il nous faut pousser à fond le programme du réacteur à eau lourde, rechercher les caractéristiques du NPD aussi rapidement que nous le pouvons. Mais il ne fait pas de doute que nous devrions étudier d'autres genres de réacteurs, et en particulier le réacteur à haute température.

M. BEST: Un brève observation, monsieur le président. M. Aiken a fait une observation pertinente sur l'infime quantité d'uranium utilisée actuellement dans un réacteur de l'importance du CANDU, mais si l'estimation des besoins en énergie nucléaire de l'Ontario pour 1980 est exacte, il est alors juste d'affirmer qu'il faudra de 30 à 35 réacteurs du genre CANDU, d'une capacité actuelle de 200 mégawatts, et cela commence à faire un chiffre imposant.

M. le PRÉSIDENT: Vous voulez dire seulement pour l'Ontario?

M. BEST: Oui. Cette estimation voudrait dire plusieurs milliers de tonnes d'uranium pour l'Ontario. Extrapolant cette quantité à l'ensemble du Canada et aux marchés d'exportation, nous arrivons à une production d'uranium très importante.

M. PITMAN: Pensez-vous que nous en arriverons à réserver notre combustible—le charbon par exemple—pour la fabrication de médicaments et d'autres produits synthétiques?

M. ALCOCK: Si nous avons un ministère des Sciences, ce serait un domaine qu'il pourrait explorer; il pourrait élaborer la planification à longue portée de ce domaine.

M. le PRÉSIDENT: Voudriez-vous entendre M. Gray se prononcer sur ce qu'il vient d'être dit?

M. GRAY: Le calcul de M. Best n'est pas très juste; 35 réacteurs CANDU ne donnent que 950 tonnes par année. Je ne suis pas sûr de mon calcul non plus.

M. BEST: Dans la première phase d'exploitation du CANDU, la capacité actuelle est de 200 mégawatts.

M. GRAY: Trente tonnes par année.

M. BEST: Quelqu'un a parlé de 70 tonnes et c'est là-dessus que je me basais.

M. AIKEN: Parce que c'était l'estimation première. Selon les derniers renseignements que je tiens, l'estimation en a été un peu abaissée.

M. GRAY: C'est la charge initiale qui est de 70 tonnes, mais le besoin annuel est de 30 tonnes.

M. BEST: Comprenons-nous bien. En se basant sur 70 tonnes, nous aurions 2,000 tonnes ou plus par année. Mon calcul est parfaitement juste.

M. GRAY: Mais la consommation d'uranium de 35 réacteurs CANDU approche des 1,000 tonnes. Ce point n'est toutefois pas très important dans la discussion.

Je voudrais rectifier une assertion de M. Alcock sur un point qu'il a peut-être oublié. Il a dit «la plupart des autres réacteurs utilisent de l'uranium enrichi». S'il veut dire les génératrices nucléaires, c'est absolument faux. La plupart des autres génératrices nucléaires en service aujourd'hui utilisent de l'uranium naturel. Tous les réacteurs du Royaume-Uni utilisent de l'uranium naturel et au point où en sont les choses ils le feront pour longtemps encore, surtout si on met sur le marché de nouvelles séries de réacteurs magnox qui se révèlent excellents. Les génératrices nucléaires que la France a presque fini de mettre au point utilisent de l'uranium naturel et on trouve ailleurs des réacteurs utilisant de l'uranium naturel. Ainsi il n'est pas juste de prétendre que nous risquons de limiter nos ventes d'uranium si nous n'offrons pas de l'uranium enrichi. Je ne conteste pas qu'avec le temps il sera nécessaire d'avoir une usine d'enrichissement. Nous en arriverons très probablement là et je suis heureux de l'entendre dire que c'est une chose dont les producteurs d'uranium devraient se charger.

M. DRYSDALE: Monsieur Gray, pour mettre les choses au point, il existe actuellement dans le monde environ 230 réacteurs; sur ce nombre combien sont des génératrices nucléaires et combien utilisent de l'uranium naturel?

M. GRAY: Je pense qu'il n'y a pas plus de huit ou dix génératrices nucléaires.

M. DRYSDALE: En service?

M. GRAY: Pas plus de deux ou trois sont en service, peut-être cinq.

M. DRYSDALE: Un chiffre de dix. Et combien utilisent de l'uranium naturel?

M. GRAY: Tous les réacteurs du Royaume-Uni, de France...

Le professeur ANDREWS: Huit au Royaume-Uni.

M. GRAY: On m'a corrigé en disant que huit sont en service au Royaume-Uni. Je pensais qu'il s'agissait d'une ou de deux stations. Le Royaume-Uni a huit réacteurs utilisant de l'uranium naturel, cinq ou six seront mis en service cette année, et tous se servent d'uranium naturel. Ce sont les seules génératrices nucléaires de quelque importance en service dans le monde à part celle de Dresden

qui vient d'être mise en marche; je ne pense pas qu'elle produise de l'électricité pour l'instant. Il faut aussi mentionner le réacteur Yankee qui sera mis en marche prochainement.

M. DRYSDALE: Mais on ne saurait trouver mieux que le réacteur à haute pression et à réfrigérant gazeux, n'est-ce pas?

M. GRAY: Je suis sûr que le dernier mot n'est pas dit. Je ne dis pas que ce ne sera pas un très bon réacteur. Le Dragon qu'on a mis en service et qu'on perfectionne actuellement en Angleterre fonctionne très bien, je crois. Il se peut fort bien qu'on en arrive à un excellent réacteur à haute température et à réfrigérant gazeux.

Toujours sur le même sujet, comme je l'ai dit tout à l'heure à propos de notre possibilité de rattraper le retard au cas où ce genre de réacteur ne serait pas mis au point au Canada, je crois que le fabricant peut rattraper le temps perdu; mais ce qu'il est assez difficile de rattraper, c'est le retard dans le domaine des combustibles. Au Canada, nous avons commencé à étudier les combustibles à céramique. Nous étudions certes depuis quelques années les combustibles d'oxyde d'uranium, que nous connaissons assez à fond, mais nous étudions également les combustibles de carbure d'uranium. C'est l'un des programmes importants de notre nouvel établissement. C'est l'un des combustibles qu'on destine au réacteur à haute température et à gaz, et il promet beaucoup.

M. Alcock a exposé bien des points sur lesquels nous sommes tout à fait d'accord. Il a fait l'éloge du programme de Chalk River et a parlé de notre réputation. Il a dit que nous mettions tous nos œufs dans le même panier. Je laisserai à M. Laurence le soin de lui répondre, car c'est M. Laurence qui s'occupe de notre panier d'œufs. Il devrait vous préciser que si nous avons un panier à deux œufs dont nous attendons beaucoup, nous avons d'autres paniers aussi.

Nous sommes d'accord à propos du point 3, le renforcement de notre industrie de fabrication. Je pense en avoir parlé à plusieurs reprises. Nous avons aussi les mêmes vues sur l'aide à apporter aux pays sous-développés. Nous avons besoin d'un prototype et les fabricants canadiens pourraient vendre des réacteurs nucléaires aux pays sous-développés beaucoup plus facilement si nous avions une politique de crédit à long terme. Cette question, le gouvernement devra l'examiner sérieusement d'ici quelques mois.

M. SLOGAN: Monsieur Gray, y a-t-il actuellement beaucoup de pays qui accordent un crédit à long terme aux pays sous-développés pour l'achat de réacteurs?

M. GRAY: Les États-Unis, je crois, et d'autres pays l'envisageront. La prochaine affaire sera une soumission destinée à l'Inde pour deux génératrices nucléaires de 150 mégawatts. Plusieurs pays enverront leurs soumissions et je suis sûr que l'octroi d'un crédit à long terme sera l'un des facteurs qui l'emporteront dans le choix de l'adjudicateur.

Ainsi que j'ai commencé à l'expliquer, il ne faut guère espérer que les pays sous-développés achèteront beaucoup de réacteurs à haute température et à réfrigérant gazeux à l'étape actuelle; plus tard peut-être.

La seule question que je n'ai pas abordée, c'est celle des œufs dans le même panier, et je demande à M. Laurence de se prononcer là-dessus.

M. LAURENCE: Monsieur le président, les membres du Comité se souviendront que lors de leur visite à Chalk River, je leur ai parlé de notre programme de mise au point du réacteur. Il est peut-être bon que je revienne sur certaines choses que j'ai mentionnées alors. L'année dernière, nous étions en train d'étudier les possibilités d'un réacteur pourvu d'un ralentisseur à eau lourde dans lequel on fait bouillir l'eau de refroidissement de façon à alimenter la turbine directement en vapeur. Le principe est différent de celui du CANDU. Nous avons

passé une année à étudier ce projet. Auparavant, nous avons passé une année à étudier une autre variante de réacteur pourvu d'un ralentisseur à eau lourde dans lequel le réfrigérant était de la vapeur sèche produite en dehors du réacteur au moyen de la vapeur chauffée dans le réacteur, pour obtenir la vapeur dans une chaudière extérieure. Nous avons consacré une année à cette étude. Auparavant, nous avons passé une année à étudier un réacteur pourvu d'un ralentisseur à eau lourde dont le réfrigérant était du gaz carbonique. Ces études ont été faites en collaboration étroite avec nos amis du Royaume-Uni—c'était un programme commun—car une étude de ce genre s'effectue beaucoup mieux en collaborant avec d'autres techniciens et en mettant ses efforts en commun. En fait, les autorités de l'énergie atomique du Royaume-Uni collaborent très étroitement avec nous; nous connaissons bien leur programme et ils connaissent le nôtre. Par conséquent, nous sommes très au courant de leurs travaux sur le réacteur pourvu d'un ralentisseur au graphite et à réfrigérant gazeux. Nous connaissons et leurs succès et leurs échecs, car ils ont eu les deux.

C'est la raison pour laquelle nous n'avons pas jugé important, ni nécessaire de consacrer une partie de nos efforts à l'étude de réacteurs au graphite. Nous sommes suffisamment tenus au courant de l'avancement de leur programme.

J'ai dit également que la *Canadian Westinghouse Company* avait été chargé d'examiner les possibilités d'un réacteur d'un autre genre devant servir dans le Nord, réacteur dont le réfrigérant est l'eau naturelle, ordinaire. Cela vous montre que nous sommes loin d'ignorer ce qui se fait dans d'autres domaines.

Il s'effectue maints échanges d'information avec le Royaume-Uni et avec les États-Unis, et beaucoup d'entretiens se tiennent sur les caractéristiques des différents genres de réacteurs. Les déplacements sont nombreux. Nos administrateurs et nos employés ont visité, je crois, chaque station de mise au point de réacteurs au Royaume-Uni. Nous connaissons très bien les réacteurs de ce pays et nous nous tenons au courant des progrès dans ce domaine, mais peut-être pas tout à fait dans la même mesure que dans le premier cas. Néanmoins nous sommes très bien renseignés sur le progrès et la mise au point des différents genres de réacteurs des États-Unis. C'est une ligne de conduite bien établie dans ma division. Nous avons le devoir, estimons-nous, d'être parfaitement renseignés sur les progrès réalisés dans la mise au point d'autres réacteurs afin de pouvoir mettre à profit toutes les découvertes qui pourraient nous servir. Cela nous permet de donner les conseils les plus judicieux possible au gouvernement pour l'élaboration de sa politique concernant les différents réacteurs.

Je voudrais parler maintenant de notre façon de voir les choses. D'aucuns ont prétendu que Chalk River voulait abandonner les réacteurs pourvus d'un modérateur à eau lourde, réacteur utilisant l'uranium naturel, pour se lancer dans l'utilisation d'uranium enrichi. Or, à ce propos, je voudrais donner lecture de quelques extraits de notre rapport annuel, non celui de l'année dernière ni celui de l'année précédente mais celui de 1954-1955. Le rapport en question traite de notre programme de mise au point et de construction du NPD.

Voici cet extrait:

Le combustible nucléaire sera surtout de l'uranium naturel mais en vue de diminuer la grosseur du réacteur, il pourra également être employé du plutonium séparé.

Vous voyez qu'à ce moment-là nous envisagions la possibilité d'utiliser du combustible enrichi. Maintenant, je me réfère aux pages qui traitent du CANDU dont le projet n'était qu'à ses débuts, à ce moment-là:

Dans les projets de plans du grand réacteur, ce cœur est fait d'un mélange d'éléments combustibles d'uranium et de plutonium, l'eau lourde jouant le rôle de modérateur entre ces deux éléments.

Jeudi soir, monsieur le président, M. Lewis vous a dit que nous avons cessé de croire qu'il serait avantageux d'utiliser du combustible enrichi dans ces réacteurs.

M. SLOGAN: MM. Gray et Laurence savent qu'avec les années on a changé d'avis sur l'utilisation de l'eau lourde comme principe du réacteur. Nous avons certes étudié bien des variantes. M. Laurence les a exposées. Les connaissances acquises par nos expériences ont été librement communiquées aux autres pays, n'est-ce pas?

M. LAURENCE: Oui.

M. SLOGAN: De même, les expériences des autres pays qui s'intéressent à d'autres réacteurs nous sont librement communiquées. Du point de vue économique, et à l'étape où nous en sommes, pensez-vous qu'il soit plus sage que nous nous en tenions au genre de réacteur que nous avons préconisé au début, tout en surveillant ce qui se fait autour de nous? De cette façon nous pouvons peut-être profiter des expériences que les pays étrangers entreprennent et des échecs qu'ils peuvent subir. Nous finirons peut-être par constater qu'il était plus économique d'agir ainsi, et nous serons sûrs d'avoir un réacteur déterminé sans dépenser autant d'argent que nous l'aurions fait si nous avions commencé notre étude plus tôt.

M. GRAY: J'en conviens.

M. SLOGAN: Est-ce ainsi que nous procédons?

M. GRAY: Ainsi que je l'ai mentionné, nous affectons des fonds à la recherche sur les combustibles. Les fabricants peuvent rattraper très facilement le retard. Ils devront peut-être payer des redevances. Dans nos recherches sur les combustibles, nous faisons du progrès en ce qui concerne l'uranium et nous voudrions que les fabricants de combustible du pays se tiennent en mesure de remplir la demande, à partir de nos ressources, créée par tous les réacteurs qui seront mis au point.

M. SLOGAN: Parlez-vous des différents genres de barreaux de combustible?

M. GRAY: Oui.

M. BEST: Nous sommes heureux d'entendre MM. Gray et Laurence. L'explication de M. Laurence disant qu'on abandonnait l'idée du combustible enrichi m'intéresse. C'est peut-être à cause du réacteur de base. Le professeur Andrews nous dirait-il quel genre de réacteur on a tendance à adopter dans le monde. M. Alcock en a parlé. Qu'en pensez-vous, Monsieur le professeur Andrews? Adopte-t-on plutôt les réacteurs à eau lourde ou les réacteurs utilisant de l'uranium enrichi ou les réacteurs à gaz?

Le professeur ANDREWS: A part les rares nations qui travaillent activement à la mise au point d'une génératrice nucléaire, les clients futurs connaissent très peu du domaine, il ne faut pas l'oublier. Ils savent ce qu'ils veulent pour leur pays. Une génératrice nucléaire qui soit simple, facile à faire fonctionner et qui, en premier lieu, j'imagine, utiliserait de l'uranium naturel. Ce serait le genre de réacteur qui conviendrait le mieux à leur structure économique et industrielle.

M. BEST: De l'uranium naturel?

Le professeur ANDREWS: Au moment où ils devront en acheter, ils devront choisir, parmi les différents genres de réacteurs utilisant de l'uranium naturel, celui qu'ils peuvent payer et faire fonctionner. Il a beaucoup été question des possibilités du marché mondial, mais ces possibilités ne se sont guère concrétisées jusqu'ici. Je crois que M. Gray a déjà abordé le sujet, et nous avons confirmé que deux réacteurs seulement ont été vendus outre-mer. Ce sont les deux réacteurs à graphite dont nous avons parlé. Comment préciser ce que les pays acheteurs

préféreront? En premier lieu, je le répète, je suis sûr qu'ils voudront un réacteur utilisant de l'uranium naturel, qui soit facile à faire fonctionner; ils tiendront à la simplicité de fonctionnement et à tous les éléments qui nous paraissent importants maintenant.

En général, le réacteur à haute température et à réfrigérant gazeux, utilisant un combustible légèrement enrichi, ne leur sera accessible qu'un certain nombre d'années après l'apparition des deux genres de réacteurs utilisant de l'uranium naturel, le réacteur à graphite et le réacteur à eau lourde. Ils n'auront par conséquent pas le choix et prendront ce qui est disponible, le réacteur utilisant de l'uranium naturel, qui sera pour eux, au moment voulu, la meilleure affaire.

Pour le moment, le fait que les deux réacteurs en question soient au graphite n'est pas important. Mais il ne se vendra probablement pas assez de réacteurs d'ici deux ou trois ans pour déterminer exactement la préférence des acheteurs mondiaux.

M. BEST: Vous parlez, je présume, des nombreux pays sous-développés qui ont un besoin urgent de centrales électriques. C'est bien ce dont vous parlez. Quelle tendance se dessine dans les quelques pays qui comptent certaines réalisations dans le domaine nucléaire? D'après vous, quelle sera la tendance d'ici deux, cinq ou dix ans? Adoptera-t-on le genre de réacteur à eau lourde ou d'autres genres de réacteurs?

Le professeur ANDREWS: La Scandinavie semble marquer une préférence pour les réacteurs à eau lourde. Je crois que nous avons déjà parlé du programme de la Suède. Vous êtes au courant sans doute aussi de l'intérêt commun de la Norvège et de la Hollande dans la recherche nucléaire. N'oublions pas que l'Allemagne s'intéresse plutôt aux réacteurs à haute activité. La France s'est toujours intéressée à un réacteur à graphite. En fait, bien avant que l'Angleterre mette sa génératrice nucléaire en service, les Français avaient une génératrice à graphite qui produisait de l'électricité. Si je me souviens bien, elle produisait cinq mégawatts et en utilisait 20 pour son fonctionnement mais cela n'empêche pas qu'elle produisait de l'électricité. Il y a aussi le programme du Royaume-Uni.

Toutefois, à part le Canada, il faut aller loin pour trouver d'autres pays ayant un réacteur à eau lourde. Nous sommes les premiers dans ce domaine, il semble. C'est peut-être une situation honorable. La plupart des pionniers se sentent forcément isolés de temps à autre. Toutefois, les acheteurs étrangers n'en tiendront peut-être pas compte et préféreront le réacteur à graphite, non parce qu'il est meilleur mais simplement parce qu'il est plus employé que l'autre.

M. BEST: C'est peut-être une situation très honorable. Mais parlons de l'avenir. D'ici neuf ans, en 1970, quelle sera la tendance, d'après vous?

Le professeur ANDREWS: Voici comment je résumerai notre situation par rapport aux exportations. Nous ne vendrons pas de réacteurs avant de pouvoir montrer aux clients éventuels que nous en avons un en service, qui fonctionne bien, de la manière désirée. Cela nous met en retard de cinq ans par rapport au marché mondial, retard qui devra être rattrapé. Cela signifie que théoriquement pour quelques années il existera peut-être moins de réacteurs à eau lourde en exploitation que de réacteurs à graphite. On aura peut-être une impression erronée d'une préférence éventuelle en faveur des réacteurs à graphite; mais ce seront ces derniers qui seront en première ligne et nous devons déployer beaucoup d'efforts pour rattraper le retard dans les ventes. Je pense, à l'instar de M. Alcock, que si nous pouvons remédier à certaines des restrictions qu'impose ce genre de réacteur, en l'alimentant avec un combustible légèrement enrichi, et en parvenant peut-être à réduire le volume du cœur, pour en rendre le fonctionnement plus aisé, à certains égards, nous en vendrons peut-être plus, mais selon toutes les prévisions, nous aurons un grand retard à rattraper.

Monsieur le président, je voudrais vous signaler une question concernant l'uranium. Mercredi passé, H. Gilchrist, président de l'*Eldorado*, a déclaré à Toronto que presque deux milliards de dollars avaient été investis de l'étranger dans l'uranium, que cette industrie était entièrement intégrée, qu'elle avait amorti ses immobilisations et possédait d'importantes réserves liquides. Il a déclaré que les gisements connus contenaient des millions de tonnes d'uranium et qu'il restait encore à en découvrir des millions. D'après lui, il faudrait un bataillon de savants, de spécialistes techniques et de spécialistes de la production, les plus qualifiés du monde, pour maintenir le Canada au premier rang de la production d'uranium. Toujours d'après lui, il faudrait consacrer environ un quart de million par année à l'étude des différentes applications de l'uranium.

M. AIKEN: C'est ce qu'on nous a dit plusieurs fois déjà.

Le professeur ANDREWS: Mais l'industrie de l'uranium ne peut entreprendre elle-même le processus d'enrichissement, car elle n'a pas l'équipement voulu; elle ne peut que payer les frais.

M. le PRÉSIDENT: Il ne suffira pas de \$250,000 par année.

Le professeur ANDREWS: C'est juste.

M. le PRÉSIDENT: La réponse est non.

M. BEST: Elle devrait au moins participer à un tel programme si le Comité décidait de s'y lancer, probablement en collaboration avec Chalk River ou avec les universités.

Le professeur ANDREWS: Ce serait un travail d'équipe plutôt qu'un projet individuel.

M. SLOGAN: J'ai une question à poser à M. Gray. Dans le *Financial Post* du 20 mai, M. Petersen déclare:

On croit qu'un organisme de l'État a été chargé d'étudier les différents aspects du processus d'enrichissement de l'uranium au Canada et que l'*Atomic Energy of Canada* s'est récemment acquis les droits d'application de brevets américains prometteurs dans le domaine de la centrifugeuse à gaz.

Pourriez-vous nous donner des explications?

M. GRAY: Nous n'avons pas acheté de brevets dans le domaine de la centrifugeuse à gaz. Ce n'est pas vrai. Le gouvernement a chargé un organisme de faire des investigations.

M. SLOGAN: Y a-t-il d'autres organismes de l'État qui fasse des investigations?

M. GRAY: Je crois que l'*Eldorado* se tient au courant de toutes les informations techniques que le Canada peut obtenir.

M. AIKEN: Toujours dans l'idée de vendre de l'uranium?

M. GRAY: Oui.

M. AIKEN: Plutôt qu'en vue du perfectionnement scientifique?

M. GRAY: Tout cela entre en ligne de compte.

M. SLOGAN: Savez-vous si l'*Eldorado* a acheté des brevets semblables?

M. GRAY: Je ne sais, mais je suis sûr qu'elle n'en a pas acheté.

M. le PRÉSIDENT: Il est dix heures. Voulez-vous lever la séance? Avez-vous fini d'interroger M. Alcock et le professeur Andrews?

M. DRYSDALE: Je voudrais demander au professeur Andrews s'il a envisagé le processus d'enrichissement par centrifugeuse. M. Alcock, je crois, lui laissait le soin de répondre.

Le professeur ANDREWS: Ces vingt dernières années, bien des pays ont parlé du procédé par centrifugeuse. Ce qui en a empêché l'adoption jusqu'ici, c'était la difficulté d'obtenir des cylindres de petit diamètre et d'une longueur considérable faisant 50,000 tours par minute pendant de longues périodes et de maintenir leur étanchéité au gaz sans brisure. La plupart des experts qui ont fait des expériences là-dessus sont d'accord sur les points suivants: le procédé par centrifugeuse exige moins d'électricité pour produire un kilogramme d'uranium 235. Maintenant, si les cylindres sont assez longs, et par assez longs je veux dire dix pieds ou plus, l'enrichissement sera plus élevé que celui obtenu dans les usines de diffusion. Par conséquent, le gaz passe par moins de phases consécutives, par un moins grand nombre de phases consécutives pour enrichir la teneur naturelle de 140 à 100 p. 100 ou à un peu moins de 100 p. 100 dans le cas de l'uranium 235. Le grand avantage de ce genre d'usine c'est qu'elle ne doit pas nécessairement être grande car quelques phases, je veux dire quelques petites phases suffisent à traiter entièrement l'uranium; suivant la longueur, on peut prévoir de dix à 100 phases. Il est peut-être possible de le faire dans une usine à centrifugeuse. J'imagine que le même résultat s'obtient avec plusieurs milliers de phases dans une usine de diffusion.

M. DRYSDALE: Pourriez-vous nous donner une comparaison des immobilisations nécessaires de ce que vous considérez, par exemple, comme une usine de diffusion convenant au Canada, avec les immobilisations exigées par une usine d'enrichissement à centrifugeuse?

Le professeur ANDREWS: En fait, la plupart du temps ces immobilisations sont gardées secrètes mais une personne bien renseignée pourrait peut-être faire la conjecture suivante...

M. DRYSDALE: Prenons une usine de 500 mégawatts.

Le professeur ANDREWS: Excusez-moi pendant que je fais mes calculs.

M. DRYSDALE: Je ne veux pas forcer le professeur Andrews à faire des calculs pendant que le Comité attend. Je sais que je me sentirais mal à l'aise dans les mêmes circonstances.

Le professeur ANDREWS: Vous pourriez peut-être me demander autre chose et je reviendrai plus tard à cette question.

M. le PRÉSIDENT: Vous pourriez peut-être poser une question à M. Alcock pendant le calcul.

M. DRYSDALE: Je poserai une question à M. Gray. En déposant devant le comité conjoint de l'énergie atomique de la Chambre et du Sénat américains, M. McCone a déclaré qu'environ 55 millions de dollars seraient consacrés, les neuf ou dix prochaines années, à l'étude de réacteurs à eau lourde du même type que le réacteur canadien; que les Américains n'avaient pas l'intention de construire des prototypes mais se fiaient à la réussite du CANDU. Savez-vous approximativement à quoi sera affecté ce crédit et quel lien existe entre le Canada et les États-Unis en égard à ce réacteur?

M. GRAY: Nous avons des renseignements très précis là-dessus. Il s'agissait de cinq millions, pas de 55 millions.

M. DRYSDALE: Il est peut-être bon que je cite la déclaration. On la trouve à la page 40 du procès-verbal des dépositions devant le comité conjoint de l'énergie atomique du Congrès des États-Unis. La voici:

En ce qui concerne le réacteur à eau lourde, il est prévu une dépense de 55 millions pour la recherche et rien pour la fabrication de prototypes. Cela en prévision de la conclusion et de l'approbation de l'arrangement avec le Canada.

M. GRAY: Je ne suis pas au courant que de cinq millions. Il s'agit d'une convention passée entre la AECL et la AEC en vertu de laquelle elles se sont engagées à dépenser, aux États-Unis, un montant allant jusqu'à cinq millions de dollars pour un programme touchant aux réacteurs canadiens à eau lourde. Il a été institué une commission technique conjointe pour examiner des problèmes spécifiques. Une liste en mentionne dix ou quinze. Le plus important est la mise au point d'un chargeur de combustible qui convienne au réacteur du genre CANDU. Les savants américains avaient quelques idées. C'est un problème technique intéressant et la Commission d'énergie atomique des États-Unis a passé un contrat avec une maison américaine, portant sur un million de dollars environ pour les deux ou trois prochaines années. Il existait un certain nombre de projets semblables sur l'alliage du zirconium à l'acier inoxydable, les tubes à pression et les montures d'extrémité. Je regrette de ne pas avoir le dernier rapport technique sous la main mais il s'agit d'un programme très intégré. Ce sont là les cinq millions qui sont alloués en association, je le répète, avec notre programme. Nous ne comptons pas sur eux pour trouver les réponses mais s'ils inventaient un chargeur de combustible, nous n'hésiterions pas à l'installer dans nos réacteurs canadiens. En retour, nous leur passons des informations. Je suppose que les 50 millions qui restent sont affectés à la mise au point de réacteurs à eau lourde aux États-Unis. Il existe plusieurs projets. L'un est développé présentement en Floride et l'autre en Caroline, dans les États de Virginie ou en ai-je inversé l'ordre?

M. BOYD: Un projet a été abandonné.

M. GRAY: Le projet du réacteur à eau lourde et à réfrigérant gazeux a été abandonné. L'autre est bien en train.

M. BEST: On a fait remarquer que pour les États-Unis, cinq millions était une somme bien minime à payer pour que Chalk River continue ces travaux sur les réacteurs à eau lourde.

M. GRAY: D'après les rapports de DuPont, cette société ne partage pas cet avis.

M. BEST: On l'a fait remarquer de temps en temps.

M. GRAY: Ce n'est pas exact et je puis l'affirmer, car je suis en contact avec les autorités de la Commission d'énergie américaine.

M. AIKEN: Vous avez dit précédemment que nous échangeons nos informations de façon assez libre, de sorte que nous ne donnons aucun renseignement sans en recevoir en retour sur d'autres projets.

M. SLOGAN: Existe-t-il un arrangement au sujet des programmes américains à propos desquels nous faisons des travaux au Canada?

M. GRAY: Nous effectuons des travaux d'irradiation dans nos réacteurs de Chalk River, travaux qui sont reliés au programme américain. Nous avons irradié beaucoup de combustible oxydé pour le programme des sous-marins américains et également pour la *Westinghouse* et la *General Electric* des États-Unis.

M. SLOGAN: Ce programme est-il financé par des fonds canadiens?

M. GRAY: Non, il est payé par les États-Unis. Ils nous ont fourni un équipement important à leurs propres frais. De plus, ils nous fournissent leur propre personnel et nous leur facturons le loyer de nos installations et de nos réacteurs.

M. SLOGAN: Existe-t-il un autre arrangement dont le Canada fait les frais? Je veux dire un arrangement semblable à celui qui porte sur les cinq millions.

M. GRAY: Non. Notre contribution intéresse les réacteurs NPD et CANDU.

M. le PRÉSIDENT: Pouvez-vous répondre maintenant, monsieur le professeur Andrews?

Le professeur ANDREWS: En admettant qu'il faille 500 mégawatts d'électricité pour enrichir l'uranium dans les meilleures conditions possibles, au stade technique actuel, nous pouvons choisir entre deux solutions. D'une part nous pouvons dépenser environ 250 millions pour le montage d'une usine de diffusion qui produirait—c'est assez indéterminé—peut-être un peu moins de deux tonnes d'uranium à bombes U235 par année. D'autre part, nous pourrions doubler ce rendement; nous pourrions mieux employer cet uranium et doubler la teneur en U235 de 200 tonnes d'uranium naturel par année.

Toutefois, si nous voulions utiliser la même quantité d'électricité pour alimenter une usine à centrifugeuse, en nous basant sur les meilleures estimations du coût d'une usine semblable, nous pourrions construire une usine dont le rendement serait quatre à cinq fois plus grand mais qui coûterait quatre à cinq fois plus. Ainsi, je pense que nous ne construirions pas cette usine mais celle qui donnerait à peu près le même rendement pour un coût du même ordre mais qui utiliserait un quart ou un cinquième de l'énergie électrique.

M. BEST: M. Gray voudra peut-être reprendre ces chiffres.

M. AIKEN: Vous pensez à la production équivalente? Or j'ai entendu dire qu'une usine à centrifugeuse pouvait être plus petite et coûter moins. Avez-vous tenu compte de ce facteur?

Le professeur ANDREWS: Je me souviens très bien vaguement des études qu'on a effectuées à propos des plans d'une usine de diffusion il y a douze ans, mais nous avons jugé peu pratique d'envisager une usine de diffusion dont le rendement obtenu d'une chaîne ou cascade d'unités centrifugeuses serait si faible, de sorte que l'avantage d'une unité centrifuge c'est qu'elle traite une petite quantité d'uranium à relativement peu de frais. C'est le principe des usines U235.

M. AIKEN: De l'ordre de 35 millions de dollars?

Le professeur ANDREWS: On peut la faire aussi petite qu'on le désire.

M. DRYSDALE: La seule économie que le Canada réaliserait en utilisant le principe centrifuge pour l'enrichissement serait une économie d'électricité?

Le professeur ANDREWS: Le calcul mathématique le confirme quoi qu'il faille tenir compte d'une certaine marge d'incertitude. L'un des éléments d'incertitude les plus grands dans le principe centrifuge est la durée du rendement initial assuré par les écoulements et la durée d'exploitation de l'usine suivant le procédé en cascade.

M. DRYSDALE: En supposant qu'on diffuse 3,600 tonnes de combustible d'uranium, quel serait le chiffre comparable pour l'usine centrifugeuse?

Le professeur ANDREWS: Le bruit m'a dérangé. Dans les mêmes conditions, la quantité de combustible pour un rendement donné est la même, quel que soit le procédé adopté pour l'enrichissement.

M. DRYSDALE: Avant la levée de la séance, M. Gray pourrait-il déposer la ventilation des frais du NPD. Ce sont deux ou trois pages mais nous nous sommes éloignés du sujet.

M. GRAY: J'allais répondre à la question posée par M. Drysdale le 11 mai; il a demandé quelles seraient nos recettes provenant du débit de vapeur du réacteur NPD.

M. le PRÉSIDENT: Allez-vous en donner lecture, M. Gray? Je propose que votre réponse soit insérée dans le compte rendu.

M. GRAY: Je ne l'ai pas sous une forme qui puisse être insérée dans le compte rendu. Je vais la donner rapidement.

M. BEST: Ne prenez pas cette peine car vos paroles ne figureront pas dans

le compte rendu. Nous sommes dans une situation irrégulière car nous n'avons pas le quorum.

M. le PRÉSIDENT: Avant de lever la séance, je voudrais, à titre de président du Comité, remercier le professeur Andrews et M. Alcock de leur visite et de leur excellent apport à nos discussions. Il m'arrive parfois d'oublier de remercier les témoins de toute la peine qu'ils se donnent et des dépenses qu'ils prennent à leur charge.

APPENDICE «A»  
 ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED  
 CHALK RIVER

LISTE DES ASSURANCES—MAI 1961

66

| Genre d'assurance  | Indemnité  | Prime   | Expiration      |
|--|--|---|-----------------|
| *Assurance des chaudières (Chalk River et Deep River) .....  | \$1,000,000  | \$2,351/3 ans   | 1er mai 1962    |
| **Responsabilité totale: .....   | Blessures corporelles:   | B. corp. \$1,350/3 ans  | 20 février 1963 |
| a) Usine de Chalk River  | \$ 500,000/personne  | D. Prop. \$350/3 ans  |                 |
| b) NPPD, Toronto   | \$1,000,000/deux personnes et plus   | (d), e) et f) à déterminer par advenant)  |                 |
| c) Station génératrice de Douglas Point  | Dommege à la propriété:  |   |                 |
| d) Expositions et comptoirs au Canada  | \$25,000   |   |                 |
| e) Construction neuve  |  |   |                 |
| f) Opérations contractuelles   |  |   |                 |
| Responsabilité totale: .....   | Blessures corporelles:   | B. corp. et D. prop. \$3,433/3 ans  | 27 avril 1962   |
| a) Route de l'usine à la route 17 (sans compter l'usine, voir police séparée)  | \$ 100,000/personne<br>\$1,000,000/deux personnes et plus  | sur a)<br>et b)<br>(c), d), e), f) et g) à déterminer par advenant)             |                 |
| b) Toutes opérations Deep River y compris hôtels, hôpital, chaufferie, laboratoires et maisons (hôpital y compris négligence professionnelle)                            | \$ 25,000 D. Prop. produits<br>\$100,000 max. par personne pour négligence professionnelle,<br>\$1,000,000, limite annuelle  |   |                 |
| c) Ascenseurs  |  |   |                 |
| d) Entrepreneurs indépendants (contrats ou sous-contrats)  |  |   |                 |
| e) Equipes   |  |   |                 |
| f) Produits et opérations terminées  |  |   |                 |
| g) Opérations contractuelles   |  |   |                 |
| Responsabilité pénale sur bateau motorisé No. 93 ( <i>Grey Marine</i> , No série H34395 en en service sur les rives de la propriété de AECL aux environs de Chalk River) | Blessures corporelles:<br>\$ 50,000/personne<br>\$250,000/accident<br>Dommege à la propriété:<br>\$100,000   | B. corp. \$25<br>D. prop. \$14  | 1er avril 1962  |
| Police générale des automobiles (toutes automobiles immatriculées, propriété de la AECL, y compris autobus)  | R. C. et D. prop.:<br>\$1,000,000/accident (sauf responsabilité troisième partie, advenant omnibus B. corp.<br>\$ 100,000/personne et<br>\$1,000,000/deux et plus, limite) | \$17,569—sous-réserve de rectification pour addition ou radiation d'automobiles | 1er avril 1962  |
| Responsabilité sur autres automobiles (loués, si nécessaire)   | R. C. et D. prop.:<br>\$1,000,000  | \$70  | 1er avril 1962  |

COMITÉ SPÉCIAL

\* Assurance chaudières auprès de la *Boiler Inspection and Insurance Co. of Canada*.  
 \*\* Toutes autres assurances auprès de la *Royal Insurance Co. Ltd.*

ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED  
 DIVISION DES PRODUITS COMMERCIAUX  
 LISTE DES ASSURANCES—MAI 1961

| Genre d'assurance   | Indemnité  | Prime   | Expiration                         |
|---|--|---|------------------------------------|
| Responsabilité en matière de produits (BTU)   | Blessures corporelles:<br>\$100,000/personne<br>\$100,000/accident<br>\$100,000/ensemble | BTU \$150<br>Cellule gamma \$150<br>Appareil radiographie \$200 | Une prime pour la durée de l'unité |
| Responsabilité civile, dommage à la propriété et collision (camion, remorque, station-wagon)      | R.C. et D. prop.<br>\$1,000,000<br>Collision \$100 déduction                             | \$280.65  | 1er avril 1962                     |
| Tout risque (radium et actinium-beryllium, location)  | Radium évalué \$12/mg.<br>Ac-Be \$800  | 0.03½/\$100/calculé par mois                                    |                                    |
| Responsabilité civile et dommage à la propriété (Av. Laperrière et Tunney's Pasture)              | \$ 25,000/personne<br>\$200,000/accident   | \$538.71/3 ans  | 6 février 1963                     |
| Produits, blessures corporelles et dommage à la propriété (location radium et actinium-beryllium) | B. corp. \$100,000<br>D. prop. \$ 50,000   | \$3,000/3 ans   | 4 septembre 1962                   |
| Perte ou dommage (outillage)  | \$1,500—\$25 déduction   | \$30  | 20 mai 1961                        |
| *Ventes à crédit (BTU)  | \$ 50,000/par client<br>\$100,000/par accident   | \$250 dépôt   | Jusqu'à résiliation                |
| Assurance des chaudières  | \$100,000  | \$316.35/3 ans  | 1er mai 1962                       |

RECHERCHES

\* Assurance contre perte jusqu'à concurrence de notre mise de fonds pour tous équipements vendus à tempérament.

## DIVISION DES PRODUITS COMMERCIAUX—AECL

*Sociétés d'assurance dans l'ordre de la liste*

Indemnity Insurance Company of North America  
Royal Insurance Company Limited  
Springfield Fire and Marine Insurance Company  
General Accident Assurance Company of Canada  
Indemnity Insurance Company of North America  
Insurance Company of North America  
Insurance Company of North America  
Boiler Inspection and Insurance Company of Canada Limited

CHAMBRE DES COMMUNES

Quatrième session de la vingt-quatrième législature

1960-1961

---

COMITÉ SPÉCIAL

DES

# RECHERCHES

*Président:* M. J. W. MURPHY

---

PROCÈS-VERBAUX ET TÉMOIGNAGES

Fascicule 23

---

*ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED*

---

SÉANCE DU MERCREDI 24 MAI 1961

---

TÉMOINS :

M. P. K. Peterson, ingénieur en chef des produits atomiques, *Orenda Engines Ltd.*;  
M. Dale Farnham, ingénieur en chef, Commission d'énergie hydro-électrique du  
Québec; M. George Baker, secrétaire, *Rio Tinto Group*; M. Ian McRae, président  
de l'Association nucléaire du Canada et président du conseil d'administration de  
la *Canadian General Electric Co. Ltd.*; M. D. Watson, secrétaire de l'*Atomic  
Energy of Canada Ltd.*; M. G. C. Laurence, directeur des recherches, division des  
recherches et de la mise au point, A.E.C.L.; et M. K. F. Tupper, président de  
*Ewbank and Partners (Canada) Ltd.*

---

ROGER DUHAMEL, M.S.R.C.  
IMPRIMEUR DE LA REINE ET CONTRÔLEUR DE LA PAPETERIE  
OTTAWA, 1961



COMITÉ SPÉCIAL DES RECHERCHES

*Président* : M. J. W. Murphy

*Vice-président* : M. C. A. Best

et MM.

Aiken

Crouse

Nugent

Anderson

Drysdale

Pitman

Batten

Dumas

Slogan

Bissonnette

Forgie

Stearns

Bourget

Godin

Stewart

Brunsdén

McIlraith

*Le secrétaire du Comité:*

J. E. O'Connor.

## PROCÈS-VERBAL

MERCREDI 24 mai 1961

(29)

Le Comité spécial des recherches se réunit à 2h.10 de l'après-midi, sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents:* MM. Aiken, Anderson, Best, Bissonnette, Crouse, Danforth, Drysdale, Forge, Godin, McIlraith, Murphy, Nugent, Pitman, Slogan, Stearns et Stewart—(16).

*Aussi présents:* MM. G. I. Staber, directeur général, *Atomics Canada Ltd.*; P. K. Peterson, ingénieur en chef des produits atomiques, *Orenda Engines Ltd.*; Dale Farnham, ingénieur en chef, Commission de l'énergie hydro-électrique du Québec; George Baker, secrétaire, *Rio Tinto Group*; J. L. Olsen, directeur, Service des recherches sur les ventes et de l'organisation des produits, *Canadian General Electric Co. Ltd.*; Roy F. Gross, directeur général, l'Association nucléaire du Canada; M. Ian McRae, président de l'Association nucléaire du Canada et du conseil d'administration de la *Canadian General Electric Company Ltd.*; K. F. Tupper, président de *Ewbank and Partners (Canada) Ltd.* De l'*Atomic Energy of Canada Ltd.*: MM. D. Watson, secrétaire, et G. C. Laurence, directeur des recherches, service des recherches et la mise au point des réacteurs.

M. Watson formule un bref exposé en vue d'expliquer la déclaration, présentée au Comité par M. Gray le mardi 23 mai, au sujet des brevets intéressant une méthode de centrifugation au gaz.

M. McRae est présenté aux membres du Comité et, après la présentation de ses collègues, donne lecture d'un mémoire au nom de l'Association nucléaire du Canada.

On distribue aux membres du Comité des exemplaires d'une brochure intitulée «Les recherches industrielles en Grande-Bretagne».

*Il est convenu* que les tableaux et les renseignements ajoutés au mémoire de M. McRae seront imprimés en appendice au compte rendu de la séance d'aujourd'hui. (*Voir l'appendice «A»*).

On présente M. Tupper qui formule une brève déclaration. On l'interroge ensuite sur les sujets suivants : le caractère artificiel de l'industrie des réacteurs nucléaires au Canada; les éléments de sécurité requis dont les tubes à pression; la position du gouvernement canadien par rapport aux sciences pures; la possibilité d'établir, d'une manière progressive, les programmes de recherches et de mise au point de l'*Atomic Energy of Canada Ltd.*

On interroge M. McRae sur le mémoire qu'il a présenté, notamment sur les sujets suivants : le rôle de l'A.E.C.L. dans les recherches pures; l'apport de la *Canadian General Electric* aux programmes de réacteurs nucléaires comparativement à ceux de la société mère de cette compagnie, dans le même secteur.

M. Peterson donne lecture d'extraits d'un document qui s'intitule : «Pourquoi il importe de songer à la méthode de centrifugation au gaz en vue d'enrichir l'uranium au Canada».

On pose des questions à M. Baker au sujet de la position de l'industrie de l'extraction de l'uranium.

M. Farnham expose les vues de la Commission de l'énergie hydro-électrique du Québec sur la production économique de l'énergie.

A 5h.10 de l'après-midi, le Comité s'ajourne au jeudi, 25 mai 1961, à 2 heures et demie de l'après-midi.

*Le secrétaire du Comité,*  
M. J. E. O'Connor.



## TÉMOIGNAGES

MERCREDI 24 mai 1961.

Le PRÉSIDENT : Messieurs, je constate que nous avons quorum. Je regrette que nous devions commencer un peu en retard. M. Ian F. McRae, président de l'Association nucléaire du Canada, de Toronto, et M. K. F. Tupper, président de *Ewbank and Partners (Canada) Limited*, également de Toronto, sont avec nous aujourd'hui. Je crois que M. Watson désire répondre à certaines questions qui ont été posées. Je vais donc lui demander de le faire avant d'inviter M. McRae à prendre la parole.

M. D. WATSON (secrétaire de l'*Atomic Energy of Canada Limited*) : Hier soir, M. Slogan a demandé à M. Gray ce qu'il pensait d'une déclaration faite par M. Peterson, d'*Orenda Engines Limited*, savoir que l'*Atomic Energy of Canada Limited* a acquis dernièrement les droits intéressant des brevets américains prometteurs dans le domaine de la centrifugation à gaz. M. Gray a infirmer la déclaration.

Comme M. Gray, en faisant cette réponse, pensait à de récentes acquisitions; il importe de préciser la situation pour ce qui est d'inventions beaucoup plus anciennes dans la mise au point de la méthode de centrifugation. Comme M. Gray ne peut être présent aujourd'hui, il m'a prié de m'acquitter de cette tâche à sa place.

En novembre 1955, les représentants de l'*Administration de l'énergie atomique* du Royaume-Uni, de la *Commission de l'énergie atomique* des États-Unis et de l'*Atomic Energy of Canada Limited* ont participé à une réunion tripartite, tenue à Washington, en vue de régler la question des droits aux brevets découlant de la collaboration en temps de guerre dans le domaine de l'énergie atomique. Ils sont convenus de recommander un échange des demandes de brevets présentées jusqu'au 15 novembre 1955. Cette proposition a ensuite été entérinée par les gouvernements pertinents et on a procédé à l'échange. En vertu de cette entente, le Canada, en échange des 60 demandes de brevets intéressant l'exploitation de l'énergie atomique qu'il détenait aux États-Unis, a obtenu la cession des 250 demandes de brevets que la *Commission de l'énergie atomique* des États-Unis avait déposées au Canada. De la même manière, en échange des 30 demandes de brevets que le Canada avait déposées au Royaume-Uni, il a reçu les 100 demandes que l'*Administration de l'énergie atomique* du Royaume-Uni avait déposées au Canada.

Sur les 250 demandes de brevets cédées à l'*Atomic Energy of Canada Limited*, au nom du gouvernement du Canada, par les États-Unis, on relevait trois inventions qui se rapportaient à la méthode de centrifugation pour enrichir l'uranium. Elles portaient les dates suivantes : 29 décembre 1945, 14 janvier 1946 et 15 février 1946. Comme de raison, le Bureau canadien des brevets a détenu, *confidentiellement* ces demandes à ce moment-là et pendant plusieurs années subséquentes. Récemment, on a délivré au Canada des brevets intéressant les trois inventions. Ils ont été cédés à l'A.E.C.L. et portent les numéros suivants : n° 616623 (21 mars 1961), n° 612578 (17 janvier 1961) n° 615723 (7 mars 1961).

Vous voyez donc que l'A.E.C.L. détient les droits de trois brevets, récemment délivrés, sur la méthode de centrifugation. Nous n'avons pas acquis ces droits dernièrement, mais bien en 1955 ou peut-être en 1956. Ces inventions sont le fruit de travaux effectués aux États-Unis avant le début de 1946.

Le PRÉSIDENT : Avez-vous des réponses à d'autres questions, monsieur Watson ?

M. WATSON : Pas pour le moment.

Le PRÉSIDENT : M. Drysdale a demandé certains renseignements et je crois que M. Gray sera de nouveau parmi nous mardi prochain. Vous avez une copie de

l'exposé de M. McRae ainsi qu'un exemplaire de la brochure intitulé «Les recherches industrielles en Grande-Bretagne», qu'on vous a distribuée et dont il a été fait mention à la dernière séance. Si le Comité y consent, M. McRae peut maintenant entreprendre la lecture de son exposé. Peut-être voudrait-il d'abord nous résumer ses antécédents.

M. IAN F. McRAE (*président du conseil d'administration de la Canadian General Electric Company Limited, Toronto, Ontario, et président de l'Association nucléaire du Canada, de Toronto*): Monsieur le président, messieurs,

L'Association nucléaire du Canada est fort heureuse de pouvoir comparaître devant le Comité des recherches et d'y exposer certaines de ses opinions sur l'avenir de l'énergie nucléaire au Canada.

Avant d'entreprendre la lecture du mémoire, j'aimerais vous présenter mes collègues. Je les prierais de bien vouloir se lever à mesure que je donnerai leurs noms afin que vous puissiez les identifier. Voici tout d'abord M. G. I. Staber, directeur général de l'*A.M.F. Atomic Canada Ltd.*, de Port-Hope, en Ontario; M. P. K. Peterson, ingénieur en chef des produits atomiques, d'*Orenda Engines Ltd.*, de Toronto, en Ontario; M. Dale Farnham, ingénieur en chef de la Commission de l'énergie hydro-électrique du Québec, de Montréal, province de Québec (M. Farnham représente M. Jean-Claude Lessard, président de la Commission de l'énergie hydro-électrique du Québec); M. George Baker, secrétaire du *Rio Tinto Group* (M. Baker représente M. Robert Winters, président du *Rio Tinto Group*); M. J. L. Olsen, directeur des services de recherches sur les ventes et de l'organisation des produits de la *Canadian General Electric Company Limited*, de Peterborough (Ont.); et M. Roy F. Gross, directeur général de l'Association nucléaire du Canada.

Je m'appelle Ian McRae et, à titre de président du conseil d'administration de la *Canadian General Electric Company Limited*, je suis chargé de tous les travaux intéressant l'énergie nucléaire que cette société accomplit au Canada.

Permettez-nous de nous identifier en présentant un bref aperçu historique de notre société, de ses objectifs et des services que nous comptons rendre aux membres et à toute la société.

Il importe de plus en plus que l'on comprenne bien les promesses d'avenir que recèle l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire et que la population soit au courant de ce sujet. Le gouvernement de l'Ontario l'a reconnu, et c'est pourquoi il a patronné, en 1960, le premier congrès canadien sur l'énergie nucléaire et l'uranium. Les débats qui ont eu lieu à ce congrès ont fait ressortir la nécessité qu'il y a de constituer un organisme représentatif de tous ceux qui s'intéressent à l'énergie nucléaire au Canada. On a donc érigé en comité de direction un petit groupe de représentants des industries et des institutions intéressées, et on l'a chargé d'examiner tous les aspects, toutes les conséquences de l'institution d'un organisme conjoint de ce genre.

C'est ainsi que l'Association nucléaire du Canada a été créée. Ses portes sont maintenant ouvertes à tous les organismes et à tous les particuliers qui s'occupent ou comptent s'occuper de quelque aspect de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire.

Le conseil d'administration de l'Association comprend les membres suivants, hommes qui se sont distingués dans les domaines de l'enseignement, de l'industrie ou de l'administration.

Président — M. I. F. McRae, président du conseil,  
*Canadian General Electric Company Limited,*  
Toronto, Ontario.

- Vice-président — L'hon. Robert W. Macaulay,  
Ministre ontarien des ressources énergétiques et  
vice-président de l'Hydro-Ontario,  
Toronto (Ont.).
- Directeurs — M. B. A. Avery, vice-président et directeur général,  
*Orenda Engines*, Malton (Ont.).  
S. M. Blair, président  
*Canadian Bechtel Limited*, Toronto (Ont.).  
M. W. M. Gilchrist, président,  
*Eldorado Mining and Refining Limited*, Ottawa (Ont.).  
M. A. E. Grauer, président,  
*British Columbia Electric Company Limited*, Vancouver (C.-B.).  
L'hon. Donald Harper, président,  
Commission d'énergie électrique du Nouveau-Brunswick,  
Fredericton (N.-B.).  
M. Jean-Claude Lessard, président,  
Hydro-Québec, Montréal (P.Q.).  
M. W. R. MacLachlan, directeur,  
*Canadian Westinghouse Company Limited*, Hamilton (Ont.).  
M. Stephen B. Roman, président,  
*Denison Mines Limited*, Toronto (Ont.).  
M. G. I. Staber, directeur général,  
*A.M.F. Atomics Canada Limited*, Port-Hope (Ont.).  
M. D. M. Stephens, président du conseil d'administration,  
Hydro-Manitoba, Winnipeg (Man.).  
L'hon. Robert H. Winters, président,  
*Rio Tinto Mining Company of Canada Limited*,  
Toronto (Ont.).  
M. J. W. T. Spinks, président,  
Université de la Saskatchewan,  
Saskatoon (Sask.).
- Directeur général — Roy F. Gross.

L'Association se compose maintenant ainsi qu'il suit :

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Organismes .....             | 21 |
| Associés .....               | 28 |
| Maisons d'enseignement ..... | 10 |
| Particuliers .....           | 63 |

Ces membres représentent un vaste secteur des Canadiens qui s'intéressent à l'énergie nucléaire et comprennent, par exemple :

Des sociétés qui s'occupent de l'exploitation, du traitement et de la vente de l'uranium utilisé comme source d'énergie ou à d'autres fins;

Des sociétés qui font la vente d'autres sources d'énergie;

Des sociétés qui souhaitent produire et vendre des constituants, des dispositifs ou des services utilisés dans la transformation de l'énergie nucléaire en énergie utile;

Les entreprises d'utilité publique qui désirent vendre, au taux de pleine concurrence l'énergie utile qui résulte de cette transformation;

Les organismes qui s'occupent de financer de vastes programmes de ce genre;

Les maisons d'enseignement qui s'intéressent aux recherches et qui ont pour objet de fournir à l'industrie et au gouvernement des techniciens dûment formés;

Et bien d'autres encore.

On peut résumer de la manière suivante les objectifs de l'Association :

- (1) Chercher à créer une ambiance qui soit de nature à favoriser l'emploi sainement généralisé de l'énergie nucléaire et des isotopes radioactifs.
- (2) Favoriser la collaboration entre les diverses industries, les services publics, les maisons d'enseignement, les ministères et les organismes du gouvernement et les autres organismes autorisés qui ont communément intérêt à intensifier la production économique de l'énergie nucléaire et l'emploi des isotopes radioactifs.
- (3) Constituer une tribune où l'on puisse discuter et résoudre les problèmes qui intéressent les membres de l'Association, l'industrie et l'ensemble des Canadiens.
- (4) Stimuler la collaboration avec d'autres associations qui partagent des objectifs semblables.

En vue de réaliser ces objectifs, l'Association nucléaire du Canada offre les services suivants à ses membres et à la population :

Des services pour l'analyse des problèmes propres à l'industrie;  
des services de liaison et de communication entre l'industrie et le gouvernement;

la création de groupes et de commissions d'étude chargés d'examiner des problèmes techniques et d'autres problèmes;

la publication d'un journal en vue de répandre les renseignements d'ordre nucléaire;

l'organisation de réunions sur l'énergie nucléaire et le maintien d'étroites relations avec les associations connexes tant au Canada qu'à l'étranger.

Jusqu'ici, l'esprit d'enthousiasme et de collaboration dont on a fait preuve un peu partout constitue un indice des plus encourageant. On a formé des groupes d'étude très actifs qui se sont penchés sur des questions telles :

L'assurance nucléaire;

les lois de l'État;

l'emploi des isotopes;

la main-d'œuvre professionnelle et technique;

les questions d'ordre technique;

le milieu économique.

L'Association, — vous le savez sans doute, — a tenu dernièrement sa première assemblée annuelle. L'événement, que tous le monde a qualifié de succès retentissant, a attiré une assistance nombreuse et enthousiaste.

Cela dit, permettez-moi d'esquisser brièvement les objectifs du document dont je vais donner lecture :

- (1) Attirer l'attention du Comité sur les problèmes propres aux besoins énergétiques du Canada, la nature des ressources énergétiques dont nous disposons et les vastes possibilités de l'uranium, source d'énergie nucléaire.

- (2) Mettre le Comité au courant d'autres emplois de l'énergie nucléaire et de l'importance qu'ils présentent pour l'économie canadienne; ainsi, l'emploi des isotopes dans l'industrie, la médecine et d'autres secteurs scientifiques.
- (3) Examiner l'à-propos de la pleine participation de l'industrie, fondée sur la concurrence, dans les secteurs de recherches appliquées, de la conception, de la mise au point et de la fabrication des produits et des dispositifs nucléaires, et proposer qu'on élabore un programme en vue de céder, d'une manière progressive et ordonnée, ces travaux à l'industrie; et,
- (4) Exprimer notre confiance et notre appui à l'égard du programme canadien de recherches et de mises au point nucléaires qui se poursuit actuellement sous l'égide de *l'Atomic Energy of Canada Limited*.

Avant d'aborder certains aspects particuliers de la situation de l'énergie au Canada, nous aimerions, pendant quelques instants, porter à votre attention quelques données générales intéressant l'énergie dans le monde moderne.

Si l'on consulte l'histoire, on constate que le niveau de vie et que le bien-être des hommes se sont peu à peu améliorés à mesure que s'est intensifiée la consommation de l'énergie autre que l'énergie humaine. Dans les premiers temps, l'homme apprit à élargir les limites de ses propres ressources physiques en apprivoisant les bêtes de somme et en mettant en valeur l'énergie du vent et de l'eau grâce aux navires à voile, aux moulins à vent et aux roues hydrauliques.

Cependant, c'est l'invention de la machine à vapeur, réalisée au dix-huitième siècle, qui a donné à l'industrie son plus grand élan, élan qui s'est encore accru grâce à d'importantes découvertes comme la mise au point de la turbine à vapeur, de la turbine hydraulique, des générateurs et des moteurs mus à l'électricité ainsi que des réseaux de transmission et de distribution de l'électricité. L'invention et la mise au point du moteur à combustion interne, qui remontent à la fin du dix-neuvième siècle, nous ont donné le moteur à essence, le moteur diesel et la turbine à gaz.

Cependant, il convient de noter que toutes ces réalisations résultent soit de la transformation des ressources hydrauliques, soit de la combustion de carburants tels le bois, le charbon ou les dérivés du pétrole.

Ces inventions, réalisées les unes après les autres, n'ont cessé de faire accroître la consommation de l'énergie. Une hausse correspondante de la productivité et, par ricochet, du niveau de vie en est résulté. Il convient de souligner que les pays qui jouissent d'un niveau de vie élevé consomment tous de grandes quantités d'énergie et il n'y a pas d'exception à cette règle. La consommation de l'énergie électrique, en particulier, est étroitement liée au degré d'industrialisation, au niveau de la productivité et, encore une fois, au niveau de vie\*.

Pour maintenir un niveau de vie élevé, il faut donc que la consommation de l'énergie ne soit pas restreinte par les réserves dont on dispose. Pour relever le niveau de vie, il faut non seulement accroître la consommation et, en conséquence, les approvisionnements d'énergie, mais les utiliser aussi de la manière la plus efficace possible.

Tous reconnaissent, — la chose est évidente, — que les ressources mondiales de combustible fossile et d'énergie hydraulique ne sont pas inépuisables. Les estimations de l'ensemble des réserves varient considérablement; mais, quoi qu'il en soit, la demande croissante dont l'énergie fait l'objet prend tellement d'ampleur que le problème des quantités disponibles deviendra aigu dans certaines régions avant le tournant du siècle. Fait intéressant à noter à cet égard, on estime que l'homme consommera plus d'énergie pendant la seconde moitié du vingtième siècle qu'il ne l'a fait pendant toute l'histoire connue, avant 1950.

\* Voir appendice, tableau 1.

Fort heureusement, une nouvelle source d'énergie a fait son apparition au cours des 15 dernières années. Nous voulons parler, bien entendu, du dégagement de l'énergie thermique qui résulte de la fission du noyau d'uranium. Les ressources d'uranium, connues et estimatives, sont de nature à augmenter énormément l'ensemble des ressources énergétiques des pays du monde.

Laissons maintenant ces observations générales, mais néanmoins importantes, et tournons-nous vers les problèmes qui se posent au Canada. Voyons quelles chances nous avons de les résoudre.

Il importe au plus haut point, croyons-nous, que nous puissions continuer à obtenir de l'énergie à coût modique si nous voulons assurer l'avenir de notre pays industriel. Le Canada est l'un des pays qui, par tête, consomme le plus d'énergie, sous toutes ses formes, et notre niveau de vie élevé en témoigne.

Bien que nous ayons réalisé de vastes aménagements hydrauliques, le Canada a été l'un des plus importants importateurs de sources d'énergie au monde. En 1954, par exemple, le total net de nos importations dépassait de beaucoup celui du Royaume-Uni ou des États-Unis. Depuis lors, cependant, cette tendance a été renversée à tel point que les importations totales des États-Unis et du Royaume-Uni sont supérieures aux nôtres; mais nos importations, par habitant, excèdent encore par une large marge celles d'autres pays. Si nous importons beaucoup d'énergie, c'est surtout parce que, géographiquement parlant, l'offre et la demande ne coïncident pas chez nous. Plus de 95 p. 100 de nos ressources de combustibles fossiles producteurs d'énergie thermique se trouvent dans les provinces de l'Ouest et dans les provinces Maritimes, tandis que nos principaux centres d'utilisation sont situés en Ontario et dans le Québec. L'importation du charbon des États-Unis et des dérivés du pétrole du Venezuela et du Moyen-Orient a coûté moins cher, — et c'est encore le cas bien souvent, — que le transport, sur un long parcours terrestre, des combustibles fossiles situés en territoire canadien.

Bien sûr, notre pays a été abondamment pourvu de ressources hydrauliques: jusqu'à ces dernières années, la plupart de nos centrales d'électricité étaient mues par l'eau. Nous avons jusqu'ici mis en valeur environ le tiers de nos ressources hydrauliques et on est porté à croire, de prime abord, que cela nous suffira pendant de nombreuses années à venir. Mais le tableau est tout autre, pour peu qu'on y regarde de près.

Examinons quelles sont les ressources hydrauliques et les ressources en combustible fossile dont nous disposons d'un océan à l'autre:

La Colombie-Britannique est dotée de ressources énergétiques considérables que lui fournissent des cours d'eau tels le fleuve Columbia, le fleuve Fraser, la rivière de la Paix et la rivière Stikine. On découvre des gisements de combustible fossile de plus en plus considérables dans les régions septentrionales de cette province.

La majeure partie des ressources hydrauliques de l'Alberta se trouvent dans le Nord, loin des centres peuplés et des importants usagers industriels. Cette province est tellement riche en combustibles fossiles à prix modique, en charbon, en pétrole et en gaz naturel qu'il semble inutile, pendant quelque temps encore, de vouloir mettre en valeur le gros de ces ressources hydrauliques.

Sous certains rapports, la situation, en Saskatchewan, s'apparente à celle de l'Alberta. Cette province poursuit un programme plus intensif pour assurer la mise en valeur de ses ressources hydrauliques, mais ses réserves de combustibles fossiles sont moins considérables.

Parmi les provinces des Prairies, c'est le Manitoba qui a les ressources hydrauliques les plus importantes: les rivières Churchill, Nelson et Saskatchewan offrent des possibilités d'aménagement énergétique considérables. On trouve des réserves de combustibles

fossiles dans le Manitoba; mais, pour des raisons intéressant la quantité, le genre et le prix, on ne peut, semble-t-il, les mettre en valeur aux fins de l'utilisation énergétique.

Laissons tomber l'Ontario pour le moment et venons-en au Québec.

Le Québec a plus de 30 p. 100 de l'ensemble des ressources hydrauliques du Canada et dispose encore de vastes réserves qui n'ont pas été mises en valeur. Comme en Ontario, on n'y a découvert aucune importante réserve de combustibles fossiles.

Quoique de moindre envergure, comparativement à celles des autres provinces, les ressources hydrauliques du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse constituent une source précieuse d'énergie et, le long de nombreux cours d'eau qui sillonnent ces deux provinces, on trouve des centrales de grandeur moyenne à peu de distance des principales villes, ce qui permet de transmettre l'électricité à peu de frais. Le sous-sol de ces provinces recèle aussi d'abondants gisements de houille.

La province de l'Île du Prince-Édouard ne possède aucun large fleuve ni aucune réserve de combustibles fossiles: elle est entièrement assujétie à l'importation.

Terre-Neuve dispose de vastes ressources hydrauliques. Au Labrador, les possibilités d'aménagement énergétique du fleuve Hamilton sont telles qu'on peut considérer ce cours d'eau comme l'une des plus importantes sources d'énergie hydrauliques encore intouchée au Canada.

Les territoires du Yukon et du Nord-Ouest ont de vastes ressources hydrauliques et certains indices permettent de conclure qu'il existe d'immenses réserves de combustibles fossiles dans les territoires et dans l'archipel de l'Arctique.

C'est en Ontario que les problèmes afférents à l'énergie prennent le plus d'acuité: on y a mis en valeur presque toutes les ressources hydrauliques des régions méridionales et on aménage rapidement tout ce qui reste de ressources dans le Nord. Compte tenu de la demande, les réserves de combustibles fossiles que l'on connaît en Ontario ne dureraient qu'un peu plus de deux semaines.

Voyons maintenant l'autre côté du bilan: notre consommation des ressources d'énergie traditionnelles.

La demande dont l'électricité fait l'objet en Ontario a plus que doublé au cours de la dernière décennie: elle est passée de 2,730,000 kilowatts en 1950 à 6,929,000 kilowatts en 1960.

La demande dont les autres ressources énergétiques feront l'objet en Ontario et dans le reste du Canada subiront une augmentation égale sinon plus marquée encore.

Ainsi, on estime que l'Ontario aura besoin de 330 milliards de pieds cubes de gaz en 1970, comparativement à 110 milliards de pieds cubes en 1960, tandis que, pour l'ensemble du Canada, le chiffre sera passé de 324 milliards de pieds cubes à 800 milliards.

De 105 millions de barils qu'elle était en 1960, la consommation ontarienne de pétrole atteindra 190 millions de barils en 1970, tandis que les chiffres comparatifs pour l'ensemble du Canada seront de 277 millions et de 431 millions de barils.

De 12 millions et demi de tonnes qu'elle était en Ontario en 1960, la consommation du charbon atteindra estimativement 14,200,000 tonnes en 1970. Pour l'ensemble du pays, elle passera de 22,431,000 tonnes en 1960 à 45 millions de tonnes en 1980, selon nos prévisions.

Bien entendu, nous découvrons des réserves de combustibles fossiles de plus en plus abondantes dans notre sol et il ne fait pas de doute que l'exportation du gaz naturel aux États-Unis et que le nouveau programme national relatif au pétrole auront pour conséquence des découvertes plus importantes encore.

A la fin de 1960, les réserves connues de pétrole canadien suffisaient pour répondre à la demande pendant 21.3 années, compte tenu du rythme de la production en 1960. Les réserves américaines ne suffisaient que pour 13.2 années. Les ressources des deux pays, considérées ensemble, suffisaient pour alimenter les besoins du continent pendant 13.7 années.

Même contraste en ce qui a trait au gaz naturel. Le Canada possédait suffisamment de gaz naturel pour alimenter la demande pendant 56.8 années, tandis que les réserves des États-Unis n'auraient duré que 20 années. Si l'on additionne les réserves des deux pays, on constate qu'elles n'auraient répondu à la demande que pendant 21.6 années.

Ces chiffres, nous les citons pour signaler que même si nous possédons sans doute de vastes réserves de combustible non découvertes encore dans l'archipel de l'Arctique, et probablement dans de nouveaux territoires de l'Ouest canadien qu'on commence à mettre en valeur, nos ressources énergétiques ne sont plus sans limites car notre consommation augmente à un rythme fantastique.

D'après les observations qui précèdent, on comprendra manifestement qu'un déficit énergétique posera un problème urgent plus tard. Ce déficit, il faudra certainement le combler en partie en employant les combustibles fossiles, tout comme les entreprises de transport utilisent le pétrole et les aciéries, le coke métallurgique.

On peut produire l'énergie électrique requise pour les besoins de l'industrie et des particuliers, ainsi que de la chaleur industrielle (notamment par la vapeur) au moyen de la combustion des combustibles fossiles et, en raison de leur proximité, les gisements houillers de la Pennsylvanie et de l'Ohio sont les sources d'énergie les plus économiques pour nos régions industrielles de l'Ontario et du Québec. Toutefois, les centrales thermiques de l'Hydro-Ontario qui fonctionnent à l'heure actuelle ou qui sont en voie de construction auront besoin de charbon américain représentant annuellement 77 millions de dollars en 1968 et, si elles sont encore alimentées au charbon, on estime qu'elles devront décaisser 300 millions de dollars en 1980 pour le charbon américain, aux prix en vigueur en 1960. Ces achats suffiront évidemment à augmenter considérablement le grave déséquilibre commercial qui existe entre le Canada et les États-Unis et qui, en 1959, représentait 518 millions de dollars, soit environ le dixième de l'ensemble des exportations canadiennes.

Bien entendu, pour produire de l'électricité thermiquement, on peut avoir recours à une autre méthode que la combustion des carburants fossiles: la production de la chaleur au moyen de la fission nucléaire. Nous avons, au Canada, les plus vastes ressources d'uranium connues au monde. Nous retirerions donc de grands avantages économiques si nous nous mettions sans tarder à produire de l'énergie nucléaire qui soit à la hauteur de la concurrence. En plus d'alléger la balance défavorable de notre commerce, la réalisation de cet objectif nous permettrait de conserver nos carburants fossiles de base pour les modes d'application thermique qu'aucune autre source d'énergie ne rend possibles à l'heure actuelle et pour les programmes de l'industrie pétrochimique qui prennent rapidement de l'ampleur. Sous ce dernier rapport, beaucoup de gens estiment que les carburants dits «carburants fossiles» seront éventuellement beaucoup plus recherchés pour des alliages que pour la combustion.

Considérons certains aspects de cette nouvelle et vaste source d'énergie. L'industrie de l'extraction de l'uranium, établie surtout en raison des besoins militaires, a atteint un niveau de production de 15,900 tonnes de concentrés d'usines par année en 1959, soit une valeur de 331 millions de dollars. Comme les États-Unis ne se sont pas prévalus de leurs options et qu'on a institué des programmes dit «prolongés», une grande partie de cette capacité est, bien entendu, réduite à l'inactivité pour le moment.

Fait intéressant à noter, 10,000 tonnes de métal d'uranium (soit ce que produisent environ 15,900 tonnes de concentrés) alimenteraient une charge électrique de 633,500

millions de kilowatts-heure, soit 5 fois et demie la charge totale de kilowatts-heure au Canada ou le tiers de la charge mondiale en 1960. Si l'on tient compte des niveaux de charge en 1960, nos réserves estimatives fourniraient de l'énergie électrique au Canada pendant plus de deux siècles et demi.

Nous croyons fermement, — ces considérations suffisent à nous en convaincre. — qu'on devrait miser sur les sources d'énergie nucléaire pour augmenter la production de l'électricité plus tard et, dans certains cas, les réserves de vapeur industrielle et de chaleur spatiale, non seulement pour la consommation nationale, mais aussi pour l'exportation au pays pauvres en ressources énergétiques.

Les représentants de l'*Atomic Energy of Canada Limited* vous ont déjà exposé les détails du programme canadien d'énergie nucléaire. Nous, membres de l'Association nucléaire du Canada, nous nous intéressons vivement à la méthode canadienne qui consiste à utiliser les piles alimentées à l'uranium naturel et utilisant l'eau lourde comme ralentisseur, ainsi qu'on les a décrites. D'après les données actuelles de la technologie et ce que nous connaissons des autres méthodes, nous avons tout lieu d'espérer que les réacteurs à haute consommation d'uranium naturel seront rentables et concurrentiels tant au Canada que dans bien d'autres parties du monde. Par conséquent, tout en reconnaissant qu'il importe de nous tenir au pas avec d'autres progrès réalisés dans d'autres pays, nous recommandons, non seulement qu'on poursuive le programme actuel, mais qu'on l'intensifie d'une façon marquée, afin que le Canada maintienne la place de premier plan qu'il occupe sur la liste des pays qui mettent au point des emplois pacifiques de l'énergie nucléaire.

Le chemin qui mène à la concurrence dans le domaine de l'énergie nucléaire n'est pas facile. Il convenait donc qu'au Canada, comme dans d'autres pays, le gouvernement prenne l'initiative dans ce domaine nouveau et inconnu de la technologie, où le financement des recherches pures, voire des recherches appliquées, dépasse les ressources des **industries** privées.

Aux fins de la précision, peut-être serait-il bon de faire une digression afin de définir les expressions recherches pures, recherches appliquées, conception et mise au point.

Les recherches pures visent, au moyen de l'étude scientifique, à découvrir des faits et à amasser des connaissances. Les recherches appliquées sont celles qui visent à trouver les applications utiles pour les fruits des recherches pures. La conception et la mise au point sont des processus qui consistent à déterminer et à éprouver la forme d'un produit pour une application particulière.

Nous estimons que la nature des recherches pures, dans le domaine de l'énergie nucléaire, est telle que les ressources de l'État doivent entrer en jeu. Cependant, pour que l'énergie nucléaire soutienne la concurrence, il faut, aux points de vue commercial et technique, que certaines recherches appliquées et toute conception, mise au point et aménagement de centrales énergétiques et nucléaires se modèlent sur le cours normal des relations et des responsabilités commerciales qui existent maintenant entre l'industrie de fabrication et les entreprises d'utilité publique pour ce qui est de l'alimentation et du fonctionnement des usines thermiques et hydrauliques ordinaires.

Permettez-moi de citer un extrait du bulletin n° 561 de l'*Atomic Energy of Canada Limited*. «Depuis le début de 1953, l'A.E.C.L. a eu pour ligne de conduite de concourir à la production économique de l'énergie nucléaire afin de la mettre à la disposition des régions qui ont besoin d'une nouvelle source d'énergie en plus des sources traditionnelles dont elles sont pourvues en ce moment. Ce travail, l'A.E.C.L. l'a mené de front de façon que les services d'utilité publique et que les fabricants y participent le plus efficacement possible. En raison de la mise en œuvre de cette ligne de conduite, les travaux de recherches et de mise au point poursuivis à Chalk-River ont été concentrés sur la production de l'énergie nucléaire, on a entrepris le projet d'aménagement NPD et on

a terminé une étude préliminaire intéressant une centrale d'énergie nucléaire de 200 mégawatts purement industrielle. Entre-temps, on a suivi avec attention les progrès réalisés dans d'autres pays pour voir s'il y avait lieu de les adapter aux besoins canadiens.»

L'Association nucléaire du Canada souscrit à cette ligne de conduite mais reconnaît qu'il est toujours difficile de répartir, par une ligne de démarcation précise, la responsabilité entre le gouvernement et l'industrie. A notre avis, le gouvernement est sans cesse tenu de fournir les services et les fonds requis pour les recherches pures dans le domaine nucléaire, lorsque ces recherches sont d'intérêt national et qu'elles occasionnent des frais tels que l'entreprise privée ne puisse les assumer. Peut-être est-il logique que le gouvernement entreprenne des programmes de recherches appliquées, de conception et de mise au point lors des premières phases de processus et de systèmes nucléaires nouveaux et complexes, mais il devrait peu à peu réduire sa participation et en remettre progressivement à l'industrie la responsabilité qu'elle est en mesure d'accepter.

Pour que le gouvernement puisse remettre cette responsabilité à l'industrie, il faut, pendant la période de transition, qu'il aide l'industrie à l'assumer. Pendant cet intervalle, alors que les stimulants économiques qui jouent normalement font défaut, une des meilleures façons d'y parvenir, — et elle avantage les deux parties à la fois, — c'est d'accorder des contrats à des établissements privés pour leur confier des programmes de recherches appliquées, de conception et de mise au point de plus en plus difficiles et de plus en plus importants. Tout en lui permettant de profiter de certains services propres à l'industrie, ces travaux à forfait réaliseraient aussi l'objectif énoncé plus haut: former une industrie puissante et expérimentée qui puisse assurer l'essor de l'énergie nucléaire plus tard.

Ainsi, l'industrie pourrait se familiariser avec tous les aspects des méthodes et des systèmes nucléaires en menant de front des programmes de recherches appliquées, de conception, de mise au point, de fabrication et de fonctionnement. Améliorant et raffinant la production, ces travaux avantageraient inévitablement tous les Canadiens.

En outre, pour que l'industrie devienne compétente et capable de répondre du matériel qu'elle fabrique, elle doit de sa propre initiative, entreprendre un nombre sans cesse croissant de recherches et de mises au point en ayant recours à ses propres services. Pour que les placements en provenance du secteur privé augmentent à mesure que le programme avance, il faudra surtout que l'industrie soit convaincue qu'elle possède les connaissances, le personnel spécialisé et les services requis pour offrir de telles garanties.

Dans le domaine nucléaire, l'industrie de fabrication canadienne a même déjà fourni un apport considérable: elle s'est portée garante d'une partie du coût d'aménagement du réacteur NPD-2 et elle a organisé des services en vue de fournir des constituants nucléaires et des carburants. C'est surtout dans l'industrie que le programme de réacteurs à refroidisseur organique a pris racine. Dans le domaine non nucléaire, l'industrie de l'uranium s'emploie activement à trouver d'autres usages pour l'uranium, à en faire, par exemple, un élément d'alliage pour améliorer les qualités de l'acier.

Pour que le transfert se produise sans heurt, le gouvernement doit se tenir bien au fait des capacités et des services de l'industrie, et celle-ci doit bien comprendre le programme nucléaire, l'orientation qu'on lui imprime et les possibilités économiques qu'il offre.

Le gouvernement aurait certainement du mal à se tenir au fait en recueillant des renseignements de chaque entreprise en particulier. D'autre part, si chaque société intéressée devait recueillir et analyser suffisamment de données pour pouvoir élaborer des programmes judicieux, la tâche ne lui serait pas facile. Ce travail convient donc davantage à un groupe représentatif et central qui puisse recueillir, évaluer et transmettre les

renseignements au gouvernement ainsi qu'à toutes les sociétés et institutions qui s'intéressent à l'énergie nucléaire, fonction que peut remplir et que remplira l'Association nucléaire du Canada.

Comme premier pas dans cette voie, nous avons formé plusieurs groupes ou sous-commissions de travail. Les membres du Comité seront sans doute intéressés si on leur rappelle brièvement certains des travaux qu'on envisage et qu'on mène de front à l'heure actuelle.

(1) En ce qui a trait à l'assurance, l'Association nucléaire du Canada a préparé, avec la collaboration de l'Association des fabricants canadiens, un mémoire qu'elle a soumis à l'hon. Gordon Churchill. Ce document explique dans quelle mesure le gouvernement devrait prendre en charge l'assurance contre les risques, là où cette assurance dépasse les moyens et les ressources des sociétés canadiennes d'assurance-accident.

(2) La sous-commission technique des réacteurs fera les démarches qui s'imposent pour transmettre aux membres de l'Association les renseignements non confidentiels intéressant les aspects techniques du programme d'énergie nucléaire du Canada.

On cherchera à fournir des renseignements sur les sujets suivants:

- a) Les caractéristiques particulières, les conditions de fonctionnement et les avantages possibles qu'offrent les genres de réacteur ou de matériel spécial envisagés ou mis au point.
- b) Le choix des matériaux et des méthodes ou la solution des problèmes de fabrication.
- c) Les besoins présents et futurs intéressant des pièces de matériel peu communes ou hors-série, comme des pompes, des soupapes, des joints et des seaux, des échangeurs calorifiques et des instruments nucléoniques.

Grâce à ce service de renseignements, on espère que les sociétés membres seront en mesure de résoudre les problèmes ou de faire progresser la conception et la mise au point des produits qu'elles fabriquent afin de satisfaire aux besoins présents et futurs.

En outre, on recueillera les renseignements intéressant l'industrie de l'énergie nucléaire que les sociétés membres peuvent fournir grâce à leurs services, à leurs spécialistes et à leurs techniciens. Ces renseignements seront classés comme il convient et distribués aux membres de l'A.E.C.L.

Dans la conception, l'aménagement et le fonctionnement des centrales d'énergie nucléaire, il faut tenir dûment compte des divers codes qui ont été établis pour la sécurité des employés industriels et du public. L'application des codes préparés à l'intention de l'ensemble des industries exige parfois qu'on les explicite et qu'on les interprète. Dans d'autres cas, les codes de dessins industriels qui ont été établis pour protéger le public contre une réglementation relâchée des matériaux et des procédés de fabrication peuvent entraîner de graves sanctions dans une centrale d'énergie nucléaire où l'on réglemente très strictement les matériaux et les méthodes. Je pense à un cas particulier: le code A.S.M.E., relatif à la conception des cuves sous pression. Fait intéressant à noter, si les avionneries avaient été assujéties à ces règlements, elles n'auraient pu produire les avions modernes que nous avons aujourd'hui.

Lorsqu'elle jugera la chose nécessaire, la sous-commission essaiera de faire interpréter, modifier ou étendre les codes et de faire admettre des observateurs aux réunions des divers organismes de réglementation qui examinent des sujets intéressant l'Association.

Pour mettre en œuvre un programme d'énergie nucléaire qui porte fruit, il faut, — c'est l'une des conditions fondamentales de cet objectif, — développer la technologie des réacteurs au moyen des recherches pures et des recherches appliquées.

La chimie, la physique nucléaire, la métallurgie, la transmission de la chaleur et la dynamique des corps fluides sont autant d'importants aspects de cette technique. Les programmes de recherches peuvent être menés dans nos universités, dans les établissements de l'*Atomic Energy of Canada Ltd*, à Chalk-River, dans d'autres établissements de l'État ou dans les laboratoires privés de l'industrie. Il importe d'utiliser pleinement notre main-d'œuvre scientifique et technique, ainsi que nos services de recherches, d'éviter l'inutile multiplication des efforts et, là où la chose est justifiée, de veiller à ce que toutes les nouvelles frontières de la connaissance soient explorées.

On propose donc que la sous-commission:

- a) En collaboration avec l'A.E.C.L., entreprenne un relevé pour déterminer dans quelle mesure le Canada a besoin des recherches pures et appliquées pour réaliser avec succès un programme d'énergie nucléaire de longue portée.
- b) Fasse l'inventaire des services, de l'expérience et des moyens disponibles dans tout le pays en vue de parer aux besoins qui se poseront à l'avenir relativement aux recherches pures et appliquées.
- c) Prépare, à la suite de ce relevé, un rapport général où sera consigné tout notre actif à cet égard.
- d) Formule un programme intégré pour recommander à l'A.E.C.L., à l'industrie et aux universités toute expansion ou modification aux programmes ou services existants pour assurer la réalisation de nos objectifs communs.

(3) La sous-commission professionnelle et technique entreprendra un relevé de la main-d'œuvre industrielle actuelle et prédira les besoins futurs de l'industrie, afin que les maisons d'enseignement puissent préparer les spécialistes dont on aura besoin plus tard.

(4) En collaboration avec les services de distribution de l'électricité et les organisations internationales, la sous-commission de l'économique fera des études commerciales et économiques. Elle fera d'abord un relevé général sur l'aspect économique des sources énergétiques provenant des carburants fossiles et des ressources hydrauliques qui sont exploitées en ce moment. Une fois ce relevé terminé, on espère connaître les prix de revient de l'énergie nucléaire fournie par les réacteurs de différentes grandeurs fonctionnant dans divers milieux économiques.

On est convaincu que la compilation de ces données et d'autres renseignements pertinents permettra à l'industrie canadienne de prendre de plus en plus la charge des programmes de recherches appliquées, de la conception de la mise au point et de l'aménagement des centrales d'énergie nucléaire et d'autre matériel nucléaire intéressant des applications industrielles, scientifiques et médicales.

La collaboration entre l'industrie et le gouvernement est nécessaire non seulement pour assurer le transfert progressif des responsabilités plus vastes qui incombent naturellement à l'industrie mais aussi pour prévoir l'expansion ordonnée de l'industrie nucléaire du Canada.

L'industrie, — cela est indispensable, — doit grandir de façon à pouvoir faire face à la demande économique. L'enthousiasme du début ne doit pas produire l'instabilité et le développement excessif; mais, par contre, il ne faut pas user d'une prudence exagérée au point de perdre des occasions.

Les prochaines années seront, on le prévoit, difficiles. Cependant, l'essai du réacteur CANDU et l'exécution du programme actuel seront d'importants gages de croissance. Les placements affectés aux centrales d'énergie nucléaire et l'achat des carburants représenteront à eux seuls environ 4 milliards de dollars en 1980. A ce résultat, il convient d'ajouter un apport qui, pour moins spectaculaire qu'il soit, n'en reste pas moins important: la production et l'application des radio-isotopes.

Il est manifeste que l'industrie nucléaire ne saurait se développer sans courir des risques. Mais ces risques peuvent être réduits au minimum, si l'industrie et le gouvernement collaborent pour résoudre les problèmes et si l'on assure une planification coordonnée. Sous ces rapports, nous avons confiance que l'Association nucléaire du Canada jouera un rôle de grande importance.

Nous aimerions maintenant résumer le mémoire de la façon suivante:

- a) L'Association nucléaire du Canada représente un vaste secteur des Canadiens qui s'intéressent à la question nucléaire.
- b) Son premier objectif est de découvrir d'autres applications utiles dans le domaine des sciences nucléaires.
- c) Nous estimons qu'il importe au plus haut point que le Canada, pays industriel, puisse se procurer de l'énergie à prix modique.
- d) Nous estimons que l'uranium, utilisé comme source d'énergie, résoudra nos problèmes énergétiques.
- e) Nous sommes d'avis que les recherches nucléaires pures incombent au gouvernement.
- f) Nous recommandons que le gouvernement confie la responsabilité des programmes de recherches appliquées, de conception, et de mise au point des constituants, des systèmes et des méthodes nucléaires à l'industrie en lui accordant des contrats de plus en plus nombreux jusqu'à ce que les entreprises d'utilité publique et que les établissements industriels aient assez confiance dans le rendement technique et économique des centrales nucléaires pour acheter, en vertu de contrats ordinaires, l'énergie dont ils ont besoin.
- g) Nous estimons que l'Association nucléaire du Canada constituera un moyen efficace de communication et de liaison entre toutes les parties désirant asseoir la production nucléaire sur une base solide.

L'Association nucléaire du Canada, au nom de ses organisations membres, ne saurait mettre un point final à ce mémoire sans inviter les membres du Comité spécial à visiter et à inspecter les services actuels intéressant l'extraction et le traitement des minerais d'uranium, la conception, la mise au point et la production des constituants et des systèmes nucléaires dans nos usines, ainsi que les programmes de recherches pures et appliquées qui se poursuivent dans nos universités. Une telle tournée, — nous en sommes assurés, — saura vivement vous intéresser. Les travaux que nos membres ont déjà mis en branle ne manqueront pas de vous impressionner.

Nous espérons que le mémoire a intéressé le Comité spécial et lui a apporté de nouveaux renseignements sur les questions d'ordre nucléaire. Pour notre part, nous désirons remercier et le président et les membres du Comité qui nous ont fourni l'occasion d'exposer nos vues.

Le PRÉSIDENT: Au nom du Comité, je tiens tout d'abord à vous remercier pour l'exposé exceptionnellement brillant que vous venez de nous présenter. Messieurs, le

mémoire comprend aussi plusieurs annexes. Consent-on à les faire imprimer à la suite du compte rendu de nos délibérations ?

(Entendu)

Le PRÉSIDENT: Messieurs, nous avons parmi nous, en plus de M. McRae, plusieurs autres représentants auxquels vous désirez peut-être poser des questions. Je vais les énumérer au cas où vous voudriez en prendre note: MM. G. I. Staber, directeur général, A.M.F. *Atomic Canada Limited*, Port-Hope (Ont.); P. K. Peterson, ingénieur en chef des produits atomiques, *Orenda Engines Limited*, Toronto; Dale Farnham, ingénieur en chef de l'Hydro-Québec, Montréal, représentant M. Jean-Claude Lessard, président de l'Hydro-Québec; M. George Baker, secrétaire du *Rio Tinto Group*, représentant de l'hon. Robert Winters, président du *Rio Tinto*; J. L. Olsen, directeur des services de recherches sur les ventes et de l'organisation de la production, *Canadian General Electric Company Limited*, Peterborough, et M. Roy F. Gross, directeur général de l'Association nucléaire du Canada.

Nous avons aussi parmi nous M. Tupper, d'*Ewbank and Partners (Canada) Limited*. Monsieur Tupper, désirez-vous maintenant nous présenter un exposé ?

M. CROUSE: Comme je fais partie d'un autre comité qui siège à trois heures et que nous avons quorum ici, j'aimerais bien que l'on m'excuse.

Le PRÉSIDENT: C'est parfait.

M. DRYSDALE: Nous avons été très contents de vous compter parmi nous, monsieur Crouse.

Le PRÉSIDENT: Si vous constatez que l'autre comité manque d'intérêt, revenez parmi nous et vous constaterez qu'il n'en va pas de même ici.

Monsieur Tupper, aimeriez-vous présenter votre exposé ?

M. K. E. TUPPER (président d'*Ewbank and Partners (Canada) Limited*): Monsieur le président, je suis venu ici ni de mon propre gré, ni toutefois à contre cœur, pour vous aider, autant que je puis le faire, en répondant à vos questions. Je n'ai pas de texte rédigé à l'avance. Je suppose que vous désirez connaître mes antécédents ? Je suis ingénieur et j'ai passé quinze années au service du Conseil national des recherches, m'occupant surtout de recherches en aéronautique. Pendant la guerre, j'ai rempli, durant trois ans, les fonctions d'ingénieur en chef de *Turbo Research Limited*, prédécesseur de l'*Orenda Engine*, de la société A. V. Roe, m'occupant des turbines à gaz des avions. Lorsque le gouvernement a confié ce programme à l'industrie privée, j'ai réintégré le Conseil national des recherches et j'ai passé trois années à Chalk-River. J'ai ensuite enseigné pendant cinq ans à l'Université de Toronto et, depuis sept ans, je fais partie d'une étude de conseillers techniques qui se spécialise dans les dessins des centrales d'énergie thermique.

M. AIKEN: M. Tupper voudrait-il maintenant faire sa déclaration ?

Le PRÉSIDENT: En fait, M. Tupper est venu à la séance avec l'intention de répondre à des questions. Peut-être pourriez-vous quand même formuler certaines observations, monsieur Tupper. Les membres du Comité seront alors plus en mesure de poser des questions sur ce que vous avez dit ou sur ce qu'ils ont à l'esprit.

M. TUPPER: Monsieur le président, je n'ai vraiment pas beaucoup de choses à offrir. Peut-être devrais-je préciser que je suis membre de l'Association nucléaire du Canada parce que mon entreprise est associée à une autre entreprise. Cette association, qui porte la raison sociale d'*Ewbank*, nous permet d'entreprendre certains genres de travaux et d'en partager les risques. Nous avons fait certains travaux pour l'*Atomic Energy of Canada Limited* et nous aimerions qu'on nous en confie encore d'autres. Par

conséquent, certaines des observations que je pourrais faire au Comité déclenchaient en moi, si l'on peut dire, certains conflits d'intérêts.

Pour ma part, la ligne de conduite que l'on suit au Canada, à l'heure actuelle, où l'on tâche de créer une industrie indépendante de centrales d'énergie nucléaire, m'inspire certains doutes. Si je nourris ces doutes, c'est que j'ai observé ce qui s'est passé dans l'industrie de l'aéronautique. Je m'occupais alors de recherches en aéronautique, ainsi que je l'ai signalé antérieurement, et je n'ai pas mis de temps à constater que dans l'industrie de l'aéronautique, tout comme dans toute autre industrie, on ne peut parvenir à une position concurrentielle si le marché n'est pas suffisamment ample et si on ne peut produire suffisamment d'appareils pour absorber le coût des recherches et de la mise au point.

On peut dire avec justesse, je pense, que l'industrie de l'aéronautique est peu profitable au Canada. Je rends hommage à des sociétés comme De Havilland qui réussit à fabriquer des genres particuliers d'avions. Les frais inhérents à la mise au point, à la production et à l'équipement des grands avions modernes sont si élevés qu'à moins de disposer d'un marché d'une centaine d'appareils ou plus peut-être, on ne peut absorber les prix de revient. Dans l'économie canadienne, les industries de ce genre ne se sont pas développées de façon équilibrée.

Il est fort probable, je pense, que des circonstances analogues se reproduisent dans le domaine nucléaire. C'est peut-être une bonne question. La centrale d'énergie nucléaire comprend un réacteur, une turbine, un condensateur et un alternateur. Il y a certainement lieu de se demander si nous ne serions pas justifiés à doter ces centrales de turbines à vapeur plutôt que de réacteurs, car le marché est beaucoup plus vaste. En réalité, il existe un débouché pour les turbines à vapeur et pour toutes les centrales alimentées au charbon dans tous les pays du monde. Mais cela ne s'est pas encore réalisé, nous ne produisons pas encore beaucoup de turbines à vapeur. On pourrait affiner ces turbines à vapeur en les adaptant à des plans importés de l'étranger. J'espère qu'on le fera, car nous avons tout avantage à tenir nos gens occupés et à faire progresser l'industrialisation au Canada. En tant qu'ingénieur, je suis certainement en faveur de cet objectif. Je ne veux pas qu'on interprète certaines de mes observations de façon à me tenir pour défaitiste. Je ne suis pas défaitiste. Je veux que la technologie canadienne progresse autant que possible, mais non d'une façon artificielle. Nous devons, je pense, exercer un choix et nous concentrer sur la production des articles qui offrent de bonnes possibilités commerciales.

Je le répète, j'ai des doutes. Ce ne sont que des doutes et je puis très bien me tromper. Quiconque professe une opinion qui n'est que le fait d'une minorité a peut-être plus qu'un autre la chance de se tromper, quoiqu'on ait reconnue que des minorités avaient raison par le passé. Voici l'observation la plus importante que j'ai à formuler sur l'industrie nucléaire, monsieur le président. On peut faire progresser cette industrie par des moyens artificiels. Comme bien d'autres membres de l'Association nucléaire du Canada, je suis prêt à faire ma part. Nous ferons de notre mieux pour mettre la ligne de conduite à exécution, mais cela ne veut pas dire que l'industrie pourra se suffire à elle-même sur les marchés mondiaux une fois que le gouvernement lui aura retiré une grande partie de l'aide qu'il lui accorde.

M. AIKEN: Monsieur le président, j'aimerais profiter de la présence de M. Peterson pour lui poser quelques questions, tout d'abord sur les usines d'enrichissement au moyen de la centrifugation à gaz, sujet que nous avons discuté hier soir. M. Peterson est l'auteur d'un document dont il a donné lecture à la dernière réunion de l'Association nucléaire du Canada. M. Tupper vient d'évoquer la possibilité de fabriquer certains genres de réacteurs au sein de l'industrie canadienne. M. Peterson peut-il nous expliquer brièvement le système de centrifugation à gaz et nous donner quelque idée des frais que pareil système occasionnerait ?

M. P. K. PETERSON (ingénieur en chef des produits atomiques, *Orenda Engines Limited, Toronto*): Monsieur le président, comme je ne prévoyais pas ces questions, je n'ai pas préparé de déclaration. Cependant, si on me le permet, je vais lire le passage pertinent du document que j'ai présenté la semaine dernière à l'Association nucléaire du Canada. Je laisserai tomber certaines parties techniques qui ne me semblent pas nécessaires ou opportunes. Je me contenterai d'insister sur certains points.

Le document s'intitule: «Pourquoi il importe d'étudier le système de la centrifugation à gaz en vue d'enrichir l'uranium au Canada». Aux États-Unis, c'est surtout pour répondre aux besoins militaires qu'on a aménagé des établissements de diffusion gazeuse destinés à enrichir l'uranium, et le coût astronomique de ces établissements a coupé court à bien des discussions sur la possibilité d'enrichir l'uranium au Canada de cette façon. Cependant, comme on a mis au point la méthode de la centrifugation à gaz, on peut maintenant aménager une petite usine pour produire le faible degré d'enrichissement requis dans les réacteurs. Cette entreprise ne coûterait qu'une fraction des frais occasionnés par l'aménagement d'un établissement de diffusion et, à mesure que la demande prendrait de l'ampleur, on pourrait peu à peu intensifier la capacité de l'usine.

Employé pacifiquement, l'uranium peut surtout servir à la production de l'électricité et de la chaleur industrielle, peut-être aussi de la propulsion marine. Seule la production de l'électricité exigera vraisemblablement une source relativement considérable d'uranium naturel enrichi au cours de la prochaine décennie.

Nous avons, au Canada, de l'uranium naturel en abondance. Il nous faut maintenant créer un marché solide et grandissant pour qu'à l'avenir ces ressources soient utilisées à des fins pacifiques. Pour l'avenir immédiat, le programme national d'énergie nucléaire est subordonné à la technique qui prévoit une haute consommation d'uranium naturel; c'est un programme qui semble assez prometteur. Même si l'on modifiait le programme et si l'on optait pour la pile enrichie, dont les États-Unis font un usage répandu et que certains autres pays songent à utiliser, la quantité requise de matières enrichies justifierait à peine l'aménagement d'usines d'enrichissement particulières à cette seule fin. Que dire du marché d'exportation? Le monde aura-t-il besoin de tellement d'électricité plus tard qu'il nous faille aménager des usines pour enrichir notre uranium au Canada, si nous voulons utiliser pleinement les matières premières que nous avons en abondance et les ressources hydrauliques à **coût modique** que nous avons pour les traiter? On prétend que nous ferions preuve de sagesse si nous cherchions à prévoir l'étendue éventuelle de ce marché et si nous examinons avec attention comment la méthode de la centrifugation à gaz nous permettra d'y pénétrer, à condition que la chose soit avantageuse.

Avant et pendant la dernière guerre, on a fait beaucoup de travaux de recherches et de mise au point sur cette méthode, qui a fait l'objet d'un renouveau d'activité dans divers pays depuis lors, notamment au cours de la dernière décennie. En Allemagne, des groupes indépendants ont fabriqué des prototypes de conception et de fonctionnement avancés. Aux États-Unis, le programme de recherches parrainé par le gouvernement était de moindre envergure et avançait lentement au début; mais, en s'y intéressant et en y participant de plus en plus, l'industrie lui a imprimé une nouvelle vigueur. Dans les Pays-Bas, on aménage une petite unité surcritique. D'autres pays, dont le Royaume-Uni, la Pologne, la Suède, l'Italie, la Norvège, le Japon et le Brésil ont aussi manifesté de l'intérêt dans le procédé et on a publié les résultats de diverses études. Pour séparer les isotopes d'uranium, l'oxyde brun ( $UO_2$ ) doit d'abord être converti en forme gazeuse. On choisit l'hexafluorure d'uranium ( $UF_6$ ) parce qu'elle constitue un milieu composé de molécules lourdes qui demeurent gazeuses à une température voisine de celle de la salle. On fait passer ce gaz dans un cylindre à rotation rapide et la force centrifuge plus puissante du constituant  $U_{238}$ , plus lourd, du mélange, accroît sa concentration près des parois de cylindre, tandis que le constituant plus léger, l' $U_{235}$ , se concentre vers le centre.

On ne peut obtenir qu'une très faible concentration de l'isotope  $U_{235}$  si l'on n'utilise qu'un seul élément centrifuge, et cela va pour toute amélioration apportée à la conception du projet. Si l'on veut enrichir le produit final, ne serait-ce que d'un ou de deux pour cent, il faut faire passer la matière d'alimentation par une cascade d'éléments et pratiquer, à chaque étape du processus, une concentration progressive jusqu'à ce qu'on ait atteint le point de concentration voulu. Plus la puissance de concentration de chaque élément particulier de la cascade est grande, moins on a besoin d'éléments pour réaliser un degré donné de concentration. Il convient de signaler que chaque élément centrifuge produit une séparation beaucoup plus poussée que chaque cloison perméable dans le procédé de la diffusion gazeuse.

Pour ce qui est de l'aspect économique du processus centrifuge, question importante s'il en est, les documents publiés là-dessus permettent de constater qu'on prévoit que les dépenses d'immobilisation d'une usine centrifuge, en tenant compte du nombre de livres de production annuelle d'uranium enrichi à un degré de concentration donné, seront à peu près les mêmes que celles d'un établissement de diffusion. Cependant, il faudra dix fois moins d'énergie pour faire fonctionner cette usine que pour un établissement de diffusion. On obtient le coût définitif du produit en ajoutant à ces deux éléments du coût les frais d'entretien.

Il convient d'examiner deux autres questions importantes, qui intéressent les premières dépenses d'immobilisation. En premier lieu, l'aménagement d'une usine centrifuge n'exige que des dépenses d'établissement relativement peu élevées, si l'on organise la cascade des éléments de séparation de façon à produire de bas niveaux d'enrichissement. Les frais inhérents à la méthode de diffusion sont surtout attribuables à la quantité considérable de gaz qu'il faut employer lors des premières phases du procédé de séparation au moyen de la cascade. Cette considération n'incite pas à déduire le degré d'enrichissement lorsqu'on prépare les plans de l'usine. En second lieu, l'aménagement d'une usine centrifuge peut n'exiger que des dépenses de premier établissement relativement peu élevées, si l'on ne cherche qu'à satisfaire aux besoins immédiats quant à la capacité de l'établissement. On peut accroître cette capacité en y ajoutant des systèmes parallèles de cascade à mesure que la demande prend de l'ampleur. D'autre part, la coque, les membranes, le tuyautage et les compresseurs d'une usine de diffusion sont construits de telle façon qu'on ne peut accroître la capacité de l'usine en les développant comme dans le cas des cascades.

Il faudra résoudre plusieurs problèmes de mécanique avant de pouvoir aménager une usine commerciale qui réalisera ces avantages économiques. Les plus importants de ces problèmes sont ceux qui ont trait à la question de la durée, à la résistance à l'élément hautement corrosif  $UF_6$ , à la mise au point d'un prototype capable d'assurer la production en série, avec une très petite marge de tolérances dans la fabrication quant aux dimensions de nombre des pièces, et à la méthode régissant l'introduction et le retrait d'une coulée continue de gaz lorsque les éléments passent par le procédé de la cascade. Cependant, les efforts que l'on déploie à l'heure actuelle sont tels qu'il n'est pas déraisonnable de prévoir que ces problèmes et d'autres encore seront bientôt résolus.

Pour une raison ou pour une autre, peut-être trouvera-t-on l'aménagement d'une usine d'enrichissement au Canada ne serait pas profitable ni bien avisé. Néanmoins, comme nous possédons l'une des plus vastes réserves de minerai d'uranium au monde et que d'autres pays, notamment les États-Unis, la Hollande et l'Allemagne, s'intéressent vivement au procédé, nous sommes sûrement justifiés d'y regarder de très près afin de n'être pas battus dans la course à l'uranium, lorsque l'énergie nucléaire viendra rejoindre d'autres formes d'énergie dans l'arène de la concurrence.

En dernier lieu, nous proposons que l'on songe à mettre en œuvre un programme d'aide mutuelle avec les États-Unis pour obtenir des données techniques sur le procédé de la centrifugation au gaz, si l'on constate qu'une usine d'enrichissement

de ce genre présente des avantages éventuels. En vertu d'une telle entente, une commission mixte, canado-américaine, choisirait certains problèmes d'ordre technique qui feraient l'objet, sous l'égide du gouvernement canadien, d'un programme de recherches et de mise au point au Canada. Les connaissances qui en résulteraient seraient échangées contre celles qu'on aurait obtenues aux États-Unis. Ce serait l'inverse de l'accord actuel en vertu duquel les États-Unis mettent à la disposition du Canada, en échange des renseignements provenant de programmes canadiens, les renseignements qu'ils obtiennent d'un programme de recherches et de mise au point, auquel ils ont consacré 5 millions de dollars, sur certains secteurs déterminés de la technique intéressant le réacteur à eau lourde actionné par l'uranium naturel.

Voilà pour le résumé.

M. AIKEN : J'ai constaté, monsieur Peterson, que vous n'avez fait mention d'aucun minimum. J'ai l'impression qu'on a alors parlé des frais. Est-ce vous-même qui l'avez fait ou quelqu'un d'autre ?

M. PETERSON : On a demandé quel serait le coût minimum. J'estime que nous n'avons pas suffisamment de renseignements pour nous prononcer là-dessus.

M. PITMAN : Monsieur le président, pouvons-nous poser des questions à M. Tupper sur les observations qu'il a faites il y a quelques instants ?

M. SLOGAN : Avant de continuer, j'aimerais poser quelques questions à M. Peterson. Puis-je m'exécuter tout de suite ?

Monsieur Peterson, j'ai posé hier à M. Gray quelques questions découlant de l'article du *Financial Post*, livraison du 20 mai, dans lequel vous faites une déclaration que j'ai alors citée. Vous y signalez que l'*Atomic Energy of Canada Limited* a acquis des États-Unis certains brevets intéressant la méthode centrifuge.

M. DRYSDALE : J'en ai ici une copie. On me permettra de m'y reporter. D'après la déclaration qui a paru dans le *Financial Post*, un organisme du gouvernement a été chargé d'examiner les divers aspects de l'enrichissement de l'uranium au Canada et l'*Atomic Energy of Canada Limited* a acquis dernièrement le droit à des brevets américains prometteurs intéressant la centrifugation au gaz.

M. SLOGAN : Voudriez-vous lire la question que j'ai posée à M. Gray et les réponses qu'il m'a fournies ? Monsieur Peterson peut-il nous dire ce qu'il en pense ?

M. DRYSDALE : A mon avis, monsieur Slogan, la meilleure façon de procéder serait de demander à M. Peterson de confirmer la déclaration.

M. SLOGAN : Est-ce que vous confirmez la déclaration ?

M. PETERSON : L'exposé que j'ai présenté faisait mention des brevets relatifs à la technique de la centrifugation. C'est bel et bien l'*Atomic Energy of Canada Limited* qui détient maintenant les brevets qu'on a délivrés mais les représentants de l'A.E.C.L. ont fait savoir aujourd'hui qu'on avait demandé ces brevets pour la première fois il y a plusieurs années et qu'on les a délivrés publiquement ces derniers temps.

M. SLOGAN : M. Gray a nié que l'*Atomic Energy of Canada Limited* détient des brevets de ce genre.

Le PRÉSIDENT : Lorsqu'on a consigné cette déclaration au compte rendu, vous n'étiez pas présent, monsieur Slogan.

M. AIKEN : M. Watson a formulé une déclaration à ce sujet au début de la séance.

M. PITMAN : Monsieur Tupper, j'ai relevé, au cours des quelques remarques que vous avez faites, une observation qui m'a semblé importante. Estimez-vous que le

programme de recherches et de mise au point d'énergie nucléaire poursuivi jusqu'ici au Canada tend plutôt vers le processus synthétique, en ce sens qu'on songe à utiliser de l'eau lourde et de l'uranium naturel, ou estimez-vous que le Canada ne trouverait pas de marché d'exportation suffisant pour n'importe quel genre de réacteur nucléaire adapté à ses besoins et est-ce la raison pour laquelle vous êtes d'avis que nous devrions nous intéresser à la production de l'énergie dérivée de la vapeur ?

M. TUPPER: Monsieur le président, j'estime que les centrales d'énergie nucléaire deviendront des articles de commerce international. Je veux dire par là qu'un pays les vendra à un autre après les avoir conçus et aménagés. Nous en serons bientôt rendus là si nous n'y sommes pas déjà. Par conséquent, tout pays désireux d'aménager des centrales d'énergie pouvant produire de l'électricité au plus bas prix possible va se procurer le genre de centrale qui répondra à cet objet, quel que soit le pays qui ait conçu les plans de la centrale en cause. Il faudra tenir compte des dépenses d'immobilisation, des frais occasionnés par les combustibles, de la charge annuelle et de tout autre élément qui entre en jeu. Je fais remarquer que le coût de la main-d'œuvre est très élevé au Canada et ne le cède qu'aux États-Unis à cet égard; comme notre propre marché a relativement peu d'envergure, une seule province aura besoin de centrales d'énergie nucléaire au cours des vingt prochaines années. Peut-être ne pourrions-nous rester dans la course si nous devons nous aligner avec des pays comme les États-Unis, qui ont des débouchés beaucoup plus vastes que les nôtres, le Royaume-Uni, qui, en plus d'avoir un marché beaucoup plus vaste, a des frais de production bien plus bas que les nôtres, l'Allemagne, la France, l'Italie, le Japon et tout autre pays industrialisé qui pourra entreprendre la production de l'énergie nucléaire. J'ignore si les choses se passeront ainsi. Le parallèle que je dresse, je le fonde sur mes propres observations et mon expérience au sein de l'industrie de l'aéronautique; mais il est tout à fait probable que les événements prendront cette tournure.

M. PITMAN: Que pensez-vous de cela, monsieur McRae ?

M. MCRÆ: Je ne partage pas l'avis de M. Tupper. Je m'occupe de l'industrie de fabrication, tandis que M. Tupper est ingénieur-conseil.

M. Tupper, pour ne relever qu'une de ses observations, a déclaré que nous devrions nous lancer dans la fabrication des turbines à vapeur. Mais l'industrie le fait déjà depuis bien des années: le Canada aménage des appareils atteignant 100 mégawatts et certains constituants qui atteignent jusqu'à 300 mégawatts. L'industrie canadienne fabrique donc des turbines à vapeur; elle en fabrique beaucoup, mais c'est un domaine totalement étranger à celui de l'énergie nucléaire. Il a déclaré que nous ne pouvons maintenir une industrie nucléaire intégrale. Je suis tout à fait d'accord avec lui là-dessus, mais il reste que nombre d'entreprises de fabrication canadiennes peuvent s'occuper de certains secteurs. C'est ainsi que l'industrie canadienne, tout comme l'industrie américaine, se développe. La demande canadienne n'est pas telle, — je pense qu'elle ne le sera jamais, — qu'une société quelconque puisse aménager une usine pour y construire toutes les parties d'une centrale nucléaire. L'industrie canadienne peut s'occuper, — je crois parler en connaissance de cause, — de tous les aspects du programme nucléaire du Canada à l'heure actuelle.

Pour ce qui est du matériel, de la mécanique et du génie, j'estime que le Canada est très chanceux d'avoir dès à présent à sa disposition, tant dans les organismes du gouvernement que dans les organisations industrielles, les spécialistes scientifiques et techniques qu'il lui faut pour répondre à ses besoins.

J'aimerais formuler une autre déclaration que M. Tupper récusera peut-être. Il a parlé d'un programme «ultra-rapide». Je n'aime pas ce qualificatif. Il ne s'agit pas d'un programme ultra-rapide. On ne peut, en aucune façon, rapprocher l'industrie

nucléaire de l'industrie de l'aéronautique. Aucune société canadienne n'est pourvue d'une grande usine qui puisse concevoir et fabriquer un avion, mais il y a au Canada bien des compagnies qui ont des ateliers généraux, d'assez grands ateliers, pouvant fabriquer nombre de pièces qui entrent dans la composition d'une centrale nucléaire. C'est un gros travail mécanique. Une fois qu'on a résolu les problèmes afférents à la physique et à la métallurgie, — ces problèmes se posent constamment, — il s'agit de procéder à un montage.

Pour ce qui est du programme canadien, vous n'ignorez pas, monsieur Pitman, que nous y sommes profondément engagés et que l'industrie canadienne s'acquitte assez bien de son travail. Il ne s'agit certes pas d'un programme brusqué, mais plutôt d'un programme de longue portée, bien conçu et bien orienté. Nous n'en sommes pas encore rendus à un programme d'urgence au Canada. Les murs ne se sont pas encore effondrés. Nous avons de l'énergie et des ressources énergiques en abondance, mais nous devons poursuivre le programme nucléaire afin d'en améliorer et d'en perfectionner constamment la technique. Nous serons alors prêts à faire face aux besoins lorsque l'Ontario, notamment, — cette province représente à elle seule environ la moitié de la demande canadienne, — devra avoir recours à d'autres ressources qu'au carburant fossile. Je répète, monsieur Pitman, qu'au point de vue physique, mental et autres, l'industrie canadienne a tout ce qu'il faut pour réaliser un programme bien conçu au Canada.

M. PITMAN: Dans son mémoire, M. McRae propose que les recherches pures relèvent de l'A.E.C.L. et qu'on confie davantage à l'industrie privée les programmes de mise au point et de recherches appliquées. Pensez-vous que l'industrie canadienne soit prête à assumer cette responsabilité et que le gouvernement devrait l'y pousser davantage ?

M. McRAE: Il s'agit d'un effort de collaboration, d'un transfert progressif. Pour réaliser ce transfert, l'*Atomic Energy of Canada Limited*, principal organisme responsable des recherches de base en ce domaine, doit mettre en œuvre un programme d'énergie nucléaire bien conçu et bien dirigé pour attirer davantage l'industrie dans son orbite. Pour ce qui est de la fabrication, nous avons ce qu'il nous faut au Canada.

On a dit ici que les industriels ne font pas tout ce qu'ils peuvent faire. L'affaire est très complexe et très coûteuse. M. Laurence peut l'attester. Les sommes requises sont énormes et les industries en cause, que nous appelons industries de placement, doivent pouvoir voler de leurs propres ailes. Elles doivent être assurées que les sommes qu'elles placent, à brève ou à longue échéance, leur rapporteront un profit. La plupart des grandes entreprises consentent à courir des risques sur une longue période. Mais elles doivent être sûres de recevoir constamment du travail. Nous croyons fermement que les organismes de l'État ne devraient pas se mêler de fabrication. Si M. Farnham, de l'Hydro-Québec, me permet de le citer en exemple, je vais faire la comparaison suivante : il est ingénieur en chef de l'une des plus grandes entreprises publiques d'électricité au Canada et, au point de vue de la fabrication, il se trouve dans la même position exactement que l'*Atomic Energy of Canada Limited* le serait par rapport à l'industrie canadienne. Dans sa sphère d'activité, l'Hydro-Québec ne tente jamais de s'occuper de la fabrication ou de la mise au point des constituants qui composent son réseau. Ai-je bien raison de faire cette assertion ?

M. FARNHAM: C'est exact.

M. AIKEN: Estimez-vous qu'il faudra, pendant quelque temps, offrir de l'aide financière pour décider l'industrie à s'occuper de l'énergie nucléaire ? Cette assistance ne sera pas nécessairement pécuniaire, mais pourra s'exercer sous forme de collaboration de la part de l'A.E.C.L. si cet organisme, par exemple, résout des questions d'ordre technique qui devraient normalement relever des sociétés elles-mêmes. Est-ce sous cette forme que vous envisagez la collaboration de l'État ?

M. McRAE: Nous estimons que les programmes de recherches attribués à l'*Atomic Energy of Canada Limited* qui pourraient être menés à bien par l'industrie devraient lui être confiés et être financés par le gouvernement.

M. DRYSDALE: D'après vous, le programme de réacteurs que poursuit actuellement l'A.E.C.L. ressort-il aux recherches pures ou aux recherches appliquées ?

M. McRAE: Le programme initial du NPD porte sur les deux à la fois. Une bonne partie des données physiques de base qu'on a recueillies, on les a obtenues grâce aux recherches pures. Je crois que M. Laurence devrait répondre à cette question. Le programme est un alliage de recherches pures et de recherches appliquées: les recherches pures recueillent les données de la physique comme telle et les recherches appliquées font passer ces données dans la pratique.

M. DRYSDALE: Vous avez signalé que le programme actuel de mise au point des réacteurs nucléaires se poursuit au Canada. Ce programme, d'après vous, relève-t-il des recherches pures ou des recherches appliquées ?

M. McRAE: Il relève des deux à la fois.

M. DRYSDALE: En quoi relève-t-il des recherches pures et en quoi relève-t-il des recherches appliquées ?

M. McRAE: La mise au point des carburants et des divers constituants qui composent un réacteur intéressent les recherches appliquées. Il n'existe qu'un laboratoire de radiations au Canada pour faire l'essai des constituants: c'est celui de Chalk-River. Aucune industrie canadienne ne peut faire l'essai des divers composants lorsqu'il faut nécessairement recourir à la technique de la radiation. Une douzaine de sociétés canadiennes peuvent fabriquer du combustible pour les réacteurs, mais elles ne savent jamais si ce combustible est à point, à moins de le soumettre à des examens d'irradiation: on ne peut faire ces examens qu'aux laboratoires de Chalk-River.

M. DRYSDALE: Il s'agit donc d'un mélange de recherches pures et de recherches appliquées. A la page 20, vous dites :

... nous recommandons, non seulement qu'on poursuive le programme actuel, mais qu'on l'intensifie d'une façon marquée afin que le Canada maintienne la place qu'il occupe...

Estimez-vous que l'A.E.C.L. devrait intensifier ses programmes de recherches pures et de recherches appliquées ?

M. McRAE: Dans le domaine des réacteurs à l'eau lourde, dont l'A.E.C.L. s'occupe, la nature et la quantité des recherches qui se poursuivent à Chalk-River à l'heure actuelle suffisent aux exigences du programme, tel que nous le concevons. Je parle à la manière de quelqu'un qui regarde les choses du dehors. M. Laurence pourra confirmer ou infirmer cette assertion; j'aimerais bien qu'il se prononce, soit dans un sens, soit dans l'autre, afin que je sois fixé.

M. LAURENCE: M. McRae a dit qu'il regardait les choses du dehors. N'empêche qu'il les voit très bien.

Il a dit qu'on a du mal à amener l'industrie à s'occuper de recherches appliquées dans ce domaine. Je ne déforme pas ses paroles, j'espère ?

M. McRAE: Non.

M. PITMAN: Pas encore.

M. LAURENCE: M. Gray vous a dit que nous voulions céder à l'industrie canadienne, le plus tôt possible, le fardeau des recherches appliquées et de la mise au point, et nous avons travaillé dans cette voie. Ainsi que M. McRae vous l'a rappelé,

on peut difficilement confier à l'industrie certaines phases du programme de recherches appliquées. Je pense surtout à l'irradiation des matières, aux recherches qui visent à déterminer le comportement des pièces constituantes dans un réacteur: les seuls réacteurs qui se prêtent à ces essais au Canada sont manifestement ceux de Chalk-River.

M. DRYSDALE: A-t-on raison de dire, monsieur McRae, qu'une fois que le réacteur CANDU sera terminé et qu'il fonctionnera d'une manière satisfaisante, l'*Atomic Energy of Canada Limited* en sera rendue au stade des recherches appliquées? L'organisme que vous représentez estime-t-il que l'A.E.C.L. devrait ensuite s'attaquer à des programmes de recherches pures dans d'autres domaines, portant sur d'autres genres de réacteurs, qu'il s'agisse de réacteurs actionnés au gaz ou à d'autres carburants?

M. McRAE: Je suis d'avis que l'industrie canadienne ne pourra jamais s'isoler complètement de l'*Atomic Energy of Canada Limited* et j'espère que l'A.E.C.L. ne pourra pas, non plus, s'isoler de l'industrie.

M. DRYSDALE: Je ne pense pas avoir proposé cela, monsieur McRae.

M. McRAE: Non. C'est la nature des travaux qui joue le rôle de facteur déterminant. M. Laurence l'a signalé, pour les problèmes afférents à la mise au point des carburants ou les problèmes qui se rapportent surtout à la métallurgie, les recherches en physique métallurgique correspondent à un travail normal; mais, quand il s'agit des techniques d'irradiation lourde, il faut nécessairement se tourner vers l'*Atomic Energy of Canada*. J'estime que l'A.E.C.L. doit continuer désormais à fournir un apport dans ce domaine grâce à son programme de recherches appliquées.

M. DRYSDALE: Etes-vous d'avis que l'A.E.C.L. continuera à s'occuper du réacteur alimenté à l'uranium naturel et utilisant l'eau lourde comme ralentisseur?

M. McRAE: Pas nécessairement. Ce n'est pas ce que j'ai voulu dire. Je ne puis me faire le porte-parole de l'*Atomic Energy of Canada Limited*, mais je m'attends que l'A.E.C.L. entreprenne des recherches dans tout secteur qui lui paraîtra plus avantageux que le précédent.

M. DRYSDALE: Nous cherchons à savoir quelles propositions pratiques peut formuler votre groupe, quels sont, d'après lui, les autres secteurs d'activité dont pourrait s'occuper l'A.E.C.L. Je regarde les choses d'une façon très pratique. J'ai dû récuser les définitions des recherches pures et des recherches appliquées que vous avez données, et j'ai tenté de les considérer, — non pas les définitions elles-mêmes, mais plutôt les applications qui en découlent, — comme visant simplement le réacteur CANDU, par exemple. Aux fins de la discussion, mettons que le programme de CANDU ressortit, d'après votre définition, aux recherches appliquées. On le confiera à l'entreprise privée, très bien! Mais à quoi va s'attaquer l'*Atomic Energy of Canada Limited* une fois qu'il aura perdu son réacteur à eau lourde, à supposer toujours que le programme de ce réacteur ressortisse aux recherches appliquées?

M. McRAE: J'ai un peu de difficulté à me brancher à votre longueur d'ondes lorsque vous synchronisez la mienne. A l'heure actuelle, le programme de l'aménagement de CANDU en est rendu au stade des recherches et de la mise au point. Le stade des recherches pures est dépassé depuis longtemps.

M. DRYSDALE: Lorsque CANDU sera devenu un réacteur alimenté à l'uranium naturel et utilisant l'eau lourde comme ralentisseur, que ce sera un succès et un fait accompli, que devra entreprendre l'A.E.C.L.? Nous devrions alors déguerpir? L'A.E.C.L. devrait-il continuer à s'occuper de l'énergie produite à l'eau lourde et l'uranium naturel, mettant à l'essai toutes les variantes possibles pour ce genre de réacteur, ou devrait-il s'occuper des réacteurs avec réfrigération au gaz, d'un plus grand nombre de mises au point organiques, de l'utilisation du sodium naturel, etc.?

Qu'exprime au juste ce mémoire? Jusqu'à quel point est-ce l'opinion de l'organisme? A-t-il reçu l'entier appui de tous les membres de l'Association?

M. MCRÆ: Je n'affirmerais pas qu'il a reçu l'entier appui de toute l'Association, car notre groupe est fort nombreux. En outre, nous n'avions que bien peu de temps pour son élaboration. Tous les directeurs ont reçu un exemplaire de la première rédaction et ils sont au courant du texte définitif. Le mémoire n'exprime sûrement pas l'opinion de tout le monde.

M. DRYSDALE: Je ne fais pas de critique, mais je me demande s'il serait juste de dire que le mémoire représente votre opinion en tant que président et celle des directeurs.

M. MCRÆ: Sûrement.

M. DRYSDALE: Il peut y avoir des divergences de vue. M. Tupper ne semble pas partager votre opinion sur certains points du mémoire.

M. MCRÆ: Pour rendre justice à M. Tupper, il faut dire qu'il n'était pas directeur de l'Association et n'a probablement pas pris connaissance du mémoire. Si nous avions pu prendre cinq ou six semaines pour le préparer, il représenterait davantage l'opinion de tous les membres. Nous avons proposé une étude conjointe par l'A.E.C.L. et l'industrie dans les divers groupes, étude qui porterait sur le programme susceptible de répondre totalement aux exigences du Canada, comme nous les imaginons d'ici une dizaine d'années.

M. DRYSDALE: Dans quels domaines, selon vous, les recherches pures continueraient-elle à être nécessaires aux particuliers ou aux groupes?

M. MCRÆ: En métallurgie. On a présenté plusieurs demandes de réacteurs pour répondre aux besoins de la métallurgie. On a apporté, je crois, certaines améliorations même dans la technologie de la pile à eau lourde. On a mis ces améliorations à l'épreuve et on continue à le faire. C'est comme pour la facture d'un avion. Le premier à être fabriqué est le premier à voler. Mais, lorsqu'on en a fabriqué quelque 900, le dernier produit n'est pas le fruit de la même technique que dans le cas du premier. Le modèle se sera considérablement perfectionné. Lorsque nous avons entrepris la réalisation du réacteur NPD, nous avons fait un changement. C'est vers 1957 que nous l'avons apporté, parce que certaines conditions étaient survenues en matière de recherches, qui nous ont indiqué la nécessité de ce petit changement, soit la mise en œuvre d'un réacteur avec canal de pression. L'innovation s'est avérée juste.

M. DRYSDALE: Croyez-vous que l'*Atomic Energy of Canada Limited* devrait s'intéresser beaucoup à toutes les autres sortes de réacteurs: réacteurs à eau sous pression, réacteurs à eau bouillante, réacteurs de grande puissance, réacteurs à refroidissement organique ou réacteurs à base de sodium?

M. MCRÆ: A mon avis, cet organisme accomplit de la bonne besogne. J'ai bien confiance dans les ingénieurs de l'*Atomic Energy of Canada Limited*; ce sont des chercheurs qui ne le cèdent à personne, non seulement sur notre continent, mais partout dans le monde. Ils envisagent le programme dans son ensemble, afin de découvrir ce qui convient le mieux au Canada.

M. DRYSDALE: Sans faire de critique, vous mentionnez dans votre mémoire qu'il faudrait séparer les recherches pures, sur lesquelles l'A.E.C.L. se concentre, des recherches appliquées et des projets qui nous semblent intéresser l'industrie en général. Le renseignement précis que j'ai tenté d'obtenir de vous, — et je ne comprends pas les difficultés que nous éprouvons à parvenir à un même terrain de discussion, — c'est que vous nous disiez dans quels domaines, à votre avis, l'A.E.C.L. devrait diriger ses recherches pures. Devrait-elle étudier quelque autre modèle de

pile ? Il n'est pas question de critiquer le programme actuel. J'ai dit qu'advenant que le réacteur CANDU réussisse, — et l'A.E.C.L. progresse très bien dans la mise en œuvre de cette pile à eau lourde, — devrait-elle ensuite se lancer dans la mise au point de quelque autre sorte de pile ?

M. McRAE: Il nous sera peut-être difficile de nous bien comprendre. Je n'émetts aucune critique personnelle ni au nom de la société à laquelle j'appartiens, relativement au programme que l'A.E.C.L. poursuit dans les piles à eau lourde. Je ne partage pas la critique des autres quant à la façon que la société tient à s'occuper des piles, — à eau bouillante ou à eau sous pression, — c'est un des points que je n'ai pas discutés avec elle et je ne tiens pas à en parler.

M. DRYSDALE: Avez-vous reçu quelques directives sur la façon dont il faudrait disposer le programme de l'A.E.C.L.? Vous affirmez, n'est-ce pas, que la société devrait se consacrer aux recherches pures ? Tout ce que je vous demande, c'est de nous communiquer votre opinion sur la voie où ces recherches pures devraient s'engager, afin que le Comité puisse l'apprécier. Avez-vous quelque idée du champ où l'A.E.C.L. devrait s'engager ? Je ne veux pas vous causer trop d'embarras.

B. BEST: Nous l'apprécions.

M. DRYSDALE: Je tente vraiment de vous tenir sur la sallette, afin d'aider le Comité.

M. McRAE: Ce n'est pas la première ni la dernière fois.

Je ne cherche pas à cacher quelque chose. Je tente de rassembler mes idées.

M. DRYSDALE: Si vous voulez prendre plus de temps, vous pourriez répondre plus tard. Ce serait utile au Comité de connaître ce que pensent l'industrie et les sociétés d'énergie thermonucléaire quant à la direction que pourraient prendre les travaux de l'A.E.C.L. Il n'est pas question de critiquer cette société. Nous voulons savoir s'il serait bon d'étendre ou non le programme de l'A.E.C.L. Peut-être faudrait-il prévoir de plus fortes sommes pour ce genre de recherches pures. Si tout ce que vous pouvez nous dire est qu'à votre avis l'A.E.C.L. fait un excellent travail, — ce qui est vrai, — cela ne nous aide pas beaucoup à formuler une recommandation pratique.

M. McRAE: J'aimerais pouvoir réfléchir à cette question et communiquer avec nos techniciens consultants, afin de faire un travail sérieux à ce sujet.

M. AIKEN: M. Drysdale tente peut-être d'établir une distinction qui, selon vos dires, n'existe pas en réalité, en ce sens que vos recherches pures en matière d'énergie atomique ne seraient pas poussées jusqu'à un certain point avant que vous l'abandonniez et que l'industrie s'en charge ?

M. McRAE: Pas du tout.

M. AIKEN: Vu les dépenses qui en découlent et l'expérience accumulée par l'A.E.C.L., n'existe-t-il pas un effort constant de coopération qui mènerait finalement à son application industrielle ?

M. McRAE: Dans ce domaine il est très difficile de dresser une barrière entre les recherches pures et les recherches appliquées. Les deux s'entremêlent et doivent se joindre dans ce domaine, sûrement en matière de fission nucléaire et probablement plus dans d'autres champs de la technologie.

M. AIKEN: Estimez-vous que la collaboration qui s'est manifestée à l'égard du réacteur NPD est satisfaisante ou devrait-il y avoir une collaboration quelque peu différente entre l'A.E.C.L. et l'industrie ? Je sais qu'il vous est difficile de répondre.

M. McRAE: J'estime que la collaboration qui a existé entre l'A.E.C.L. et l'industrie dans la mise au point du NPD et du NPD-2 est tout simplement merveilleuse. J'aimerais que le travail à l'égard de la pile CANDU soit de même nature. C'est tout ce que je dirai.

M. DANFORTH: J'aimerais me faire une idée bien claire de la collaboration entre l'industrie et l'A.E.C.L. On nous déclare ici que par sa nature l'énergie nucléaire pure exige que le gouvernement fournisse des fonds pour accomplir la tâche qui s'y rattache. Nous le comprenons. Cela veut dire des fonds provenant des impôts, car l'argent qu'il faudra consacrer aux recherches pures doit venir des contribuables. Je désire savoir ce que fait l'industrie. Estimez-vous que l'industrie est actuellement submergée? Puis vous affirmez que celle-ci n'aime pas placer des fonds, ni à court ni à long terme, à moins que ces placements ne rapportent des bénéfices. Cela, je le comprends aussi.

Certaines dépositions faites hier portaient que les étudiants hésitaient à se lancer dans le domaine nucléaire ou dans les sciences connexes, parce qu'il n'existe aucun débouché pour eux dans ce champ de l'emploi. Il se peut que l'industrie ne cherche pas à se former un personnel capable de se charger d'une partie du travail qui s'y rapporte. Lorsque nous avons visité les locaux de l'A.E.C.L., nous avons vu les travaux qu'on y effectue pour convertir l'uranium en divers genres de combustible. Qu'est-ce que fait l'industrie minière de l'uranium? Contribue-t-elle à cette transformation du produit qu'elle extrait et qu'elle vend avec profits?

Cette question me préoccupe fort, car les sommes qu'on prévoit pour le développement de cette industrie sont énormes. Ce sont des questions tout simplement que je soulève, non des critiques. A mon sens, on demande aux contribuables de faire tout le travail, de courir tous les risques pour finalement remettre le produit fini à l'industrie qui en retire un revenu. Est-ce bien là ce que demande l'industrie ou avons-nous tort de le supposer?

M. BEST: Je tiens à dire que la *General Electric* fait exception.

M. McRAE: Puis-je répondre à une des questions de M. Danforth? Relativement à l'industrie, la proportion des impôts qu'elle verse s'établit entre 45 et 50 p. 100; aussi, estime-t-elle qu'elle fournit un certain apport dans ce domaine. Les contribuables comprennent les industriels également. Ils participent aux gains réalisés par l'industrie: 52 p. 100 de leurs gains proviennent de l'industrie.

M. DANFORTH: C'est à mon avis une façon détournée de répondre à ma question.

M. McRAE: Vous avez fait une affirmation, mais je suis un contribuable au même titre que vous et l'industrie en est un autre très important. Monsieur Baker, pourriez-vous parler au nom de l'industrie minière, car elle semble être l'objet d'une certaine critique?

M. DANFORTH: Je tiens simplement à obtenir des éclaircissements. Voilà l'impression que j'ai retirée des dépositions que j'ai entendues. Si la situation est différente, je serais heureux de la connaître.

M. GEORGE BAKER (*secrétaire du groupe Rio Tinto*): Je puis parler au nom du groupe Rio Tinto, sinon pour toute l'industrie de l'uranium. On nous a critiqués, parce que nous n'avons pas consacré assez de fonds pour trouver d'autres usages de l'uranium. Il faut nous rappeler que les compagnies privées dans l'industrie de l'uranium ne s'intéressent à ce champ d'action que depuis six ans environ. Cette industrie n'a débuté qu'en 1955 et 1956 et des pressions furent exercées surtout par les États-Unis qui avaient grand besoin d'uranium et il s'est ensuivi que des adjudications ont été attribuées. Avec toutes mes excuses à M. McRae, je dois ajouter que bien des programmes d'urgence ont été élaborés. Cette initiative signifiait un drainage considérable de travailleurs, de capitaux, d'outillages, de matières premières et de fonds

en espèce. Il en est résulté l'épuisement des fonds et l'industrie privée dut être financée surtout au moyen d'obligations. Il nous a incombé de rembourser l'argent ainsi obtenu.

Un autre élément est que l'industrie de l'uranium en était à ses débuts. Bien des mines et des usines sont partis de zéro pour être mis sans délai en activité. Étant donné cet état financier et les dépenses plutôt lourdes de capitaux, la première mesure et la plus importante était de parachever le travail entrepris afin de nous permettre de rembourser nos dettes. Tout cela s'est accompli en moins de six ans et la plupart des compagnies importantes d'extraction ne sont parvenues à donner leur plein rendement qu'en 1957-1958, soit depuis trois ans seulement. Dès qu'elles ont atteint la capacité totale de leur production, elles ont dû faire face à des réductions vu que les États-Unis avaient annoncé qu'ils recourraient à des options. Il nous a donc fallu y penser sérieusement. A mon avis, c'est uniquement parce que nous avions réduit nos dépenses jusque-là qu'il nous a été possible de nous conformer à la demande du gouvernement, soit prolonger notre programme jusqu'en 1966. Mais par la suite, après avoir stabilisé la situation, nous avons lancé en 1960 la fondation de recherches sur l'uranium et je crois que le Comité a entendu ce que le professeur Forward a dit de ce programme.

M. DRYSDALE: Monsieur Baker, les compagnies d'uranium avaient réalisé des bénéfices de l'ordre de 178 millions de dollars. J'admets qu'il s'agissait d'un programme d'urgence. Elles avaient mis sur pied cette fondation de recherches sur l'uranium et toutes les compagnies d'uranium y versent \$250,000 l'an, ce qui me semble bien minime pour les cinq prochaines années.

M. BAKER: Il fallait commencer par l'essentiel. L'industrie en était à ses débuts. Nous sommes partis de zéro, tant en ce qui concerne le personnel que dans tous les autres champs d'activités.

M. DRYSDALE: Mais tout ce qu'on requiert pour faire progresser la fondation, c'est de l'argent. Le professeur Forward qui appartient à votre société, a consigné au compte rendu plusieurs suggestions intéressantes quant aux moyens de la stimuler, mais il faudrait y consacrer des fonds de 1 million à 3 millions de dollars et non \$250,000 par année.

M. BAKER: Il s'agit de dépenses d'établissement. L'idée qui a présidé à la mise en œuvre de cette fondation de recherches était que nous tenterions d'utiliser les installations existantes.

M. DRYSDALE: Pas nécessairement. Le professeur Forward a proposé qu'on commence par aménager un nouveau centre qui coûterait entre 3 millions et 5 millions de dollars et dont les frais de service s'élèveraient à probablement 1 million de dollars annuellement. La suggestion m'a paru excellente.

M. AIKEN: Cette déclaration ne me semble pas juste, si on me permet de le dire, car le professeur Forward a affirmé, sauf erreur, qu'il ne pouvait être question d'un programme d'urgence en matière de recherches.

M. BEST: A mon avis, la plupart d'entre nous estiment que les fonds ne sont pas suffisants, monsieur le président. Il nous est sûrement agréable de savoir que les mines ont fait un premier pas; mais, en toute justice, il serait extrêmement difficile d'obtenir en vitesse et le personnel et les installations. Il faut allouer une période de croissance indépendamment du montant des capitaux qu'on y consacrerait.

M. BAKER: C'est le principe sur lequel repose la fondation: nous procéderions avec précaution tout en tentant d'utiliser les installations déjà sur pied.

M. BEST: Nous espérons qu'au cours de cette période de cinq ans les capitaux augmenteront considérablement.

M. BAKER: Le groupe Rio Tinto a déjà déclaré que, si l'on élabore un programme bien conçu et prometteur, on ne le négligera pas à cause d'une pénurie de fonds. Je ne parle pas de l'érection d'un centre.

Le PRÉSIDENT: Nous devons nous rappeler, messieurs, que l'objet de la discussion n'est pas l'Eldorado.

M. DANFORTH: J'aimerais que M. McRae exprime son avis à ce sujet, car c'est important pour le Comité. Nous aimerions connaître le point de vue de l'Association, car dans sa déposition il a déclaré que, si l'on accordait plus d'argent, il conviendrait peut-être de le fournir par adjudications à l'industrie du coke. Je tiens à savoir pourquoi il faudrait accorder à l'industrie qui en retirera tous les bénéfices des fonds additionnels pour l'encourager à entrer dans ce domaine. Cela n'a aucun sens.

M. McRAE: Monsieur Danforth, je connais une industrie qui y a placé des fonds considérables et elle estime qu'en récupérant ce qu'elle y a placé durant les sept dernières années, elle ferait une bonne affaire.

M. DANFORTH: Ferme-t-elle ses portes après sept ans? Après sept ans elle accumulera des bénéfices?

M. McRAE: Elle soldera sa balance déficitaire par un bénéfice dans une période d'environ sept ans.

M. BEST: Les risques ne sont-ils pas plus grands au Canada dans ce domaine qu'aux États-Unis ou en Grande-Bretagne?

M. McRAE: Les risques ont été très grands aux États-Unis. Plusieurs compagnies avaient l'impression qu'il s'agirait d'une industrie qu'on pourrait exploiter librement, mais il n'en était rien.

M. NUGENT: J'aimerais que M. McRae poursuive son exposé.

M. BEST: Plus tard, j'aurai plusieurs autres questions à poser.

Le PRÉSIDENT: Monsieur Best, j'ai votre nom en gros caractères noirs, mais votre tour viendra plus tard.

M. McRAE: Si nous examinons l'industrie, nous entrons dans le domaine de l'amélioration du produit avec les modèles Mark I, Mark II et Mark III, car les réacteurs qui seront construits dans dix ans ne ressembleront que de loin à ceux que nous mettons sur pied actuellement.

M. DANFORTH: L'industrie a-t-elle l'intention de faire les frais de la modification et de la construction des modèles Mark II, Mark III et Mark IV, ou bien laissera-t-elle encore le travail de recherches fondamentales à l'A.E.C.L. pour lui demander, une fois le produit parfait, de lui remettre le plan afin de le fabriquer? Est-ce là le programme?

M. McRAE: Ce n'est pas le programme.

M. DANFORTH: Je ne fais pas de critique, mais je demande des renseignements.

M. McRAE: Quand l'industrie pourra se débrouiller toute seule, elle le fera. Lorsque le volume sera suffisant pour alimenter l'industrie et qu'elle pourra recouvrer la grande partie de ses frais, elle le fera. Le gouvernement et l'A.E.C.L., — étant donné que ce sont les seuls qui disposent de certaines installations de recherches, — devront être partenaires, car il s'agit du bien de tout le Canada et non de l'avantage d'une certaine société. Nous attendons le jour où nous récupérerons ou utiliserons quelques-unes des ressources naturelles du Canada. Car un élément qui s'épuise est remplacé par un nouveau. C'est dans ce domaine qu'il faut la collaboration entre le gouvernement et l'industrie. Celle-ci s'est montrée désireuse de collaborer et elle l'a prouvé par le passé. On ne peut donc pas prononcer un jugement général et déclarer que l'industrie n'aidera pas le gouvernement.

M. DANFORTH: Voilà ma question. Vous dites que l'industrie veut aider et le reste; mais comment le veut-elle?

M. McRAE: Lorsque la technologie aura réussi à stabiliser une bonne part du travail, l'industrie pourra jouer son rôle.

M. DANFORTH: Lorsqu'il n'existera plus de risque financier, est-ce alors que l'industrie fera sa part?

M. McRAE: L'industrie collaborera, lorsqu'elle pourra tout simplement faire ses frais. Comme je l'ai mentionné de même que M. Laurence l'a dit, l'industrie ne peut effectuer certains travaux de recherches qui ne peuvent s'accomplir qu'à Chalk-River. A mon sens, Chalk-River en fournissant une contribution à l'industrie remplit la fonction qui lui incombe en tant qu'organisme canadien.

M. DANFORTH: Puis-je poser une autre question d'ordre général avant d'abandonner? En me plaçant du point de vue strictement du Canada, vu qu'on utilise les ressources naturelles et qu'on assume les risques parce que la majeure partie des recherches pures est déjà entreprise par des organismes du gouvernement, que penseriez-vous après réflexion d'en faire une société de la Couronne où le gouvernement assumerait tous les risques, mais par contre toucherait également tout profit qui en découlerait en exploitant entièrement cette entreprise?

M. McRAE: Si vous pensez à un État socialiste, vous en exposez la formule. Voilà ce que vous demandez.

M. DANFORTH: Je parle de profits et pertes.

M. McRAE: A cause du coût élevé de ces travaux, certains travaux de recherches fondamentales et de recherches appliquées doivent être effectués et les résultats doivent être donnés à l'industrie. Je crois que la ligne de conduite de l'*Atomic Energy of Canada* est de fournir à l'industrie une contribution sous forme de la technologie qu'elle aura mise au point. L'industrie s'en servira quand elle croira pouvoir fournir son apport, ou du moins recouvrer ses frais en ce faisant. Malgré tout ce qu'on a dit au Comité, les perspectives de travail dans ce domaine sont fort restreintes au Canada parce que, somme toute, nous n'avons que deux réacteurs: le NPD-2 qui est presque parachevé et le CANDU qui est en voie de réalisation.

M. SLOGAN: Monsieur le président, j'aimerais poser à M. Baker une question qui se rattache à des déclarations déjà formulées au sujet du rôle que l'industrie de l'uranium pourrait jouer en matière de recherches et qui se rattache aussi aux déclarations portant que nous avons entrepris le programme de mise en œuvre des réacteurs, afin de trouver dans une certaine mesure un marché pour l'uranium. Monsieur Baker, je crois comprendre qu'après avoir reçu l'avis des limites qui lui seraient imposées et avant d'instituer la fondation visant les recherches, l'industrie de l'uranium, — et ici je ne vise pas votre compagnie dont le dossier est au-dessus de tout reproche, — du moins une des compagnies qui en font partie a placé, à cause des limites prévues dans son exploitation, des capitaux énormes dans d'autres pays à d'autres fins d'exploitation avant de s'aventurer dans les recherches visant d'autres usages de l'uranium.

M. BAKER: Je ne suis naturellement pas au courant des faits dont vous parlez au sujet d'autres compagnies. Toutefois je ne crois pas qu'il en soit ainsi. Étant donné le champ très limité des applications de l'uranium, certaines compagnies, — sauf la nôtre qui sera peut-être la seule à maintenir son activité jusqu'en 1966, — rempliront simplement les contrats qu'elles détiennent actuellement et cesseront toute exploitation en 1963 et 1964. Même si tous nous envisageons un long avenir pour l'uranium dans les domaines nucléaire et autres, je crois que les compagnies qui ont obtenu des

bénéfices de leur exploitation de l'uranium devront se lancer jusqu'à un certain point dans d'autres domaines d'exploitation pour satisfaire leurs actionnaires.

M. SLOGAN: Le seul point que je voulais établir était qu'à mon avis l'industrie de l'uranium demandait au gouvernement de faire davantage en sa faveur durant cette période tout en cherchant à diversifier son activité et à faire des placements plus sûrs. Elle ne cherchait pas vraiment à se tirer d'embarras en trouvant d'autres usages pour l'uranium.

M. BAKER: Je ne crois pas que ce soit absolument vrai. A mon avis, l'industrie de l'uranium cherche une source de bénéfices pour lui permettre de franchir cette période d'inactivité qui se produira sûrement après 1966 jusqu'après la reprise de la demande dans les années 70. C'est un vide qu'il faudra combler.

Le PRÉSIDENT: M. McRae va vous fournir une autre réponse à votre question, monsieur Danforth.

M. McRAE: Je tiens à déclarer que la compagnie à laquelle je suis associé, monsieur Danforth, a placé plus de 4 millions de dollars dans un réacteur de base. Voilà la somme que nous y avons consacrée et cela fait partie d'un projet de longue haleine.

M. DRYSDALE: Au Canada ?

M. McRAE: Au Canada. Je parle de la *Canadian General Electric* et de nulle autre compagnie.

M. PITMAN: J'allais dire que M. McRae est dans une position embarrassante cet après-midi. Tout en étant président de l'Association nucléaire du Canada, il est aussi président du conseil d'administration de la *Canadian General Electric Company*. Je me demande s'il convient de le questionner à titre de président du conseil d'administration d'une compagnie qui a joué un rôle très actif dans le développement nucléaire. J'aimerais lui demander pourquoi l'industrie s'est intéressée si activement à ce domaine. Estimiez-vous que vous pourriez risquer une grande partie des fonds de votre compagnie dans ce domaine? Qu'est-ce qui a motivé votre intérêt et quelle a été votre impression lorsque vous êtes entré en relation avec l'A.E.C.L.?

M. McRAE: En 1955, nous avons réussi à obtenir un contrat dans ce domaine. L'A.E.C.L. a accepté notre soumission, tout d'abord nous avions la compétence voulue en matière de génie, l'expérience et l'équipement nécessaire, et, si je comprends bien, notre soumission était deux fois plus élevée que celle de notre plus proche concurrent. Ce fut là le facteur décisif.

M. PITMAN: Vous dites bien le double ?

M. McRAE: Oui, le double; nous avons offert une contribution deux fois plus élevée que celle de notre plus proche rival.

M. DRYSDALE: Deux fois le prix.

M. McRAE: Nous offrons une contribution et vous pouvez le voir au dossier. Vous avez vu le contrat et vous pouvez avoir une bonne idée de ce dont il s'agissait. Si vous étudiez les conditions du contrat, je crois que vous pouvez vous rendre compte immédiatement que notre plus proche rival n'offrait que la moitié de notre soumission. Notre société fournit justement les appareils générateurs d'énergie. Cela semble un rayonnement logique des cadres de nos services et cela fait aussi partie de notre programme d'affaires. Cela n'est pas une aventure passagère. C'est un programme à long terme et nous avons bien l'intention de le mener à bonne fin. J'espère aussi que le temps viendra où nous serons tout à fait indépendants; comme M. Danforth le disait si bien, nous pourrions voler de nos propres ailes. Nous espérons bien l'être un jour, parce que nous aimons bien l'indépendance et ne tenons pas à

compter sur les autres pour notre travail. Dans notre domaine, il se peut que nous ayons besoin d'un tel appui pour certains aspects de notre travail. Nous ne regrettons pas de nous être lancés dans une telle entreprise même s'il s'agit d'un placement à long terme. Les directeurs de notre compagnie sont bien généreux lorsqu'il s'agit de cet aspect à long terme de ce programme, et ils ne s'en prennent pas trop à nous, lorsque, à la fin de l'année, nous leur présentons un bilan passablement déficitaire.

M. PITMAN: Vous avez tout un service qui y travaille et toute une équipe de techniciens hautement qualifiés et très bien rémunérés. Comment faites-vous pour les maintenir au travail toute l'année, si vous devez compter sur des contrats de l'A.E.C.L. dans ce domaine des réacteurs nucléaires ?

M. McRAE: Nous avons suffisamment de petits travaux et de contrats pour les tenir occupés.

M. PITMAN: Cela se trouve à consolider votre situation, si vous devez compter ainsi sur des contrats à long terme du gouvernement avant que l'industrie se lance dans ce domaine et s'y intéresse vraiment.

Il y a une ou deux autres questions que je voudrais vous poser. Nous avons parlé du facteur de sécurité pour ce genre de réacteur atomique à eau lourde qui utilise l'uranium naturel, et l'on a laissé entendre que c'était une erreur de porter le facteur de sécurité de quatre à trois dans les cloches à pression ?

M. McRAE: Les tubes à pression.

M. PITMAN: Croyez-vous qu'ils sont de toute sécurité pour le genre de travail à faire ?

M. McRAE: Nous n'apposerions pas notre nom à ce réacteur si nous ne le jugions pas de toute sécurité. Je ne prise pas beaucoup la déclaration de cette personne qui a dit que nous avons temporisé avec le facteur de sécurité de ce réacteur. Nous avons plutôt fait le contraire. A mon avis, — et d'autres personnes abondent dans le même sens, — comme le facteur de sécurité interne de ces réacteurs est tellement grand et que nous avons plutôt obliqué vers la droite, on finira par se rendre compte que nous avons pris plus de précaution qu'il n'en fallait en réalité.

Vous avez parlé de la diminution du facteur de sécurité. Je vais vous mentionner ces pressions. Ce réacteur que nous sommes à mettre au point a une pression de régime de 1,060 livres. Nous avons mis ces tubes à pression à l'essai, et nous avons même fait le cyclage thermique jusqu'à sa température limite de 525 degrés et nous n'avons pas eu d'éclatement de tubes à pression à une pression de moins de 5,600 livres. La pression de détente de l'appareil de sécurité du réacteur est d'environ 1,250 livres. Vous avez donc un facteur de sécurité cinq fois plus élevé que la pression à laquelle la soupape de détente se met en marche. Nous prenons toutes les précautions voulues. Nous en avons fait la preuve et ces tubes fonctionnent dans un système où ils sont de toute sécurité.

M. PITMAN: Je vous en remercie. Comme je suis de près ce qui se passe dans ma propre circonscription, je m'intéresse vraiment à tout cela.

M. McRAE: J'ajouterai même que la plupart de nos ingénieurs seront là, à Rolphton, lorsque nous mettrons ces appareils sous pression. J'y serai moi-même.

M. PITMAN: Croyez-vous que nos universités forment suffisamment d'ingénieurs pour faire ce genre de travail ? En d'autres mots, je vois que dans votre mémoire vous parlez d'encourager les universités à former des spécialistes qui seraient d'un grand secours à l'industrie. Croyez-vous vraiment que ces techniciens soient vraiment bien formés, et dans les spécialités que vous désirez ?

M. McRAE: Je m'engage maintenant dans un domaine où je ne suis pas tout aussi bien qualifié pour en parler. Mais voici ce que j'en pense. Je vous dirai que nous n'avons pas à l'heure actuelle de véritables diplômés en sciences nucléaires. Est-ce juste, monsieur Laurence? Pourriez-vous le confirmer?

M. LAURENCE: Dans votre maison?

M. McRAE: Nos universités canadiennes ne forment pas de véritables physiciens nucléaires.

M. LAURENCE: Il faut s'entendre sur les termes à employer. Je n'irai pas jusqu'à dire cela, du moins pas en donnant la même portée à vos paroles.

M. McRAE: M. Laurence et M. Tupper sont mieux qualifiés que moi pour répondre à votre question. Il s'agit là d'une nouvelle discipline. Nous avons de jeunes diplômés en physique qui s'intéressent aux sciences nucléaires.

M. PITMAN: Monsieur Tupper, vous nous avez dit que vous faisiez de l'enseignement. Dites-nous ce que vous faites en ce domaine.

M. TUPPER: Monsieur le président, de 1949 à 1954, j'étais doyen de la faculté des sciences appliquées et du génie à l'Université de Toronto.

M. PITMAN: Que pensez-vous du programme d'enseignement en physique nucléaire?

M. TUPPER: A mon avis, il nous faut toute une équipe de spécialistes pour l'aménagement de services adéquats, telle une centrale nucléaire. Vous devrez avoir recours à des ingénieurs civils pour les fondations, à des spécialistes en électronique et en électricité pour les réseaux de commande, et enfin à des experts en mathématiques appliquées et à des physiciens nucléaires. Il n'existe pas d'ingénieurs nucléaires. Il nous faut donc un grand nombre de spécialistes. Il vous faut aussi des ingénieurs en chimie, des métallurgistes, et ainsi de suite. Je serais porté à dire que nos universités nous donnent toute une variété de spécialistes. Il n'y a véritablement pas de lacune, simplement une insuffisance ici et là.

M. McRAE: Je songeais surtout aux paroles de M. Tupper, lorsqu'il a parlé d'ingénieurs nucléaires. A ma connaissance, nos universités ne forment pas de tels ingénieurs.

M. LAURENCE: Je n'avais pas bien compris. Je croyais que vous parliez plutôt d'hommes de science en énergie nucléaire.

M. PITMAN: J'aimerais que vous me disiez quel est le nombre de personnes qui travaillent chez vous dans ce domaine des réacteurs nucléaires et ainsi de suite.

M. McRAE: Vendredi soir dernier, nous avons 346 personnes de tous les rangs, dont le tiers sont des ingénieurs ou des hommes de sciences.

M. PITMAN: Et combien y en a-t-il dans l'industrie en général?

M. McRAE: Je ne saurais vous dire.

M. BEST: Monsieur le président, je n'ai pu assister à toute cette réunion. M. Tupper nous a-t-il présenté un mémoire?

Le PRÉSIDENT: Non, pas par écrit.

M. BEST: Nous a-t-il donné une idée de sa formation?

Le PRÉSIDENT: Oui.

M. BEST: Ce n'était pas en réponse à une simple question de M. Pitman?

M. McRAE: dans cet intéressant mémoire que votre association nous a présenté, vous nous parlez du travail que l'industrie pourrait faire et aussi du genre d'enquête que votre association essaie de mener. Je crois qu'en temps et lieu, ce travail sera des plus utiles au gouvernement et à l'industrie.

A la page 23 de votre mémoire, au dernier alinéa, vous parlez de l'aide que le gouvernement apporte à l'industrie pour l'aider à mieux se préparer à son rôle dans le dessein de faire plus de recherches appliquées et de mises au point. Vous dites aussi que cela peut être fait en vertu de contrats. Croyez-vous que cela doit être fait par l'entremise de l'A.E.C.L. ou, dans l'avenir, par un autre organisme que nous pourrions instituer immédiatement, ou un nouvel organisme créé à cette fin et peut-être aussi à d'autres fins de mise au point, comme le Conseil national de recherches pourrait faire maintenant, soit en faisant un peu de recherches lui-même, soit en attribuant des contrats à l'industrie?

M. McRAE: Monsieur Best, je crois que l'*Atomic Energy of Canada*, tel qu'il est constitué, peut très bien faire ce travail. On y est tout à fait qualifié pour ce travail. On ferait double emploi en instituant un autre organisme et, alors, vous auriez à y emprunter des spécialistes parce qu'il y en a très peu dans ce domaine.

M. BEST: A votre avis, cette équipe de spécialistes en recherches telle qu'elle est constituée peut toujours aussi s'occuper du travail des contrats?

M. McRAE: Je le pense. Au fur et à mesure que l'industrie prend de l'expérience dans ce domaine, plus elle est qualifiée pour faire un travail plus poussé.

Si nous nous reportons une fois de plus à nos débuts, en 1955, notre personnel se composait alors d'une seule personne, moi-même. Nous comptons maintenant 346 employés. L'*Atomic Energy of Canada* nous a beaucoup aidés en nous permettant de puiser au sein de son effectif pour constituer le noyau central de notre équipe. Nous avons aussi eu recours à notre propre compagnie et à différentes autres sphères de l'extérieur pour mettre au point cette équipe de spécialistes très qualifiés. Nous sommes bien plus aptes aux recherches avancées en 1960 que nous ne l'étions en 1957. Nous pouvons aussi intégrer des programmes à nos services suivant l'équipement à notre disposition pour ainsi contribuer à l'enrichissement de notre bagage de connaissances au pays. C'est bien là notre rôle et, au fur et à mesure que d'autres sociétés s'engageront dans ce même domaine et que le travail augmentera, leurs équipes d'ingénieurs pourront alors assumer le travail plus spécialisé. Nous croyons sincèrement que l'industrie doit assumer sa part du travail dans la mesure où elle est capable d'en prendre la direction et l'élaboration.

M. BEST: Vous croyez vraiment que l'A.E.C.L. peut assumer ce rôle?

M. McRAE: Je n'en doute pas.

B. BEST: Nous avons entendu différents témoins ici et l'on a laissé entendre que le gouvernement ou l'A.E.C.L. devrait faire des recherches en génie, afin d'améliorer les industries, les techniques et les services. Partagez-vous cet avis?

M. McRAE: Je suis en faveur de toute étude qui favoriserait le progrès des recherches dans ce domaine.

M. BEST: Vous croyez vraiment que ce serait avantageux?

M. McRAE: J'estime que pareille étude le serait sûrement. On a abondamment discuté le pour et le contre, mais j'ignore si l'A.E.C.L. possède vraiment dans ses dossiers les renseignements requis.

M. BEST: Peut-être avons-nous examiné à fond le problème des recherches fondamentales et de la mise au point, peut-être avez-vous déjà répondu à la question.

mais on a laissé entendre que le gouvernement devrait probablement s'en tenir à la réglementation des recherches fondamentales dans le domaine de l'énergie atomique pour abandonner à l'industrie privée les travaux de mise au point technique et l'étude des centrales de réacteurs. Acceptez-vous ce principe ?

M. McRAE: J'aimerais formuler une déclaration, monsieur Best. Je regrette que M. Danforth soit absent; du moins, ma déclaration paraîtra au compte rendu, et M. Drysdale, lui aussi, voudra sans doute me l'entendre formuler. En réponse à M. Danforth, je dis que l'industrie ne demande pas carte blanche dans ce domaine. Que cela soit bien compris. Le gouvernement entreprend les recherches élémentaires et le travail préliminaire de mise au point jusqu'au stade où l'énergie nucléaire semble entrer en concurrence avec les autres sources d'énergie. Elle peut entrer en concurrence soit avec les sociétés nationales soit avec les sociétés étrangères. Aucun rideau de fer n'emmure notre pays, et nous formons une amorce à laquelle n'importe qui peut mordre. L'industrie peut toujours en retirer quelque avantage. Le revenu de cette source est maigre et, depuis quelques années, celui des sociétés industrielles s'est révélé trop bas pour qu'elles puissent affecter des fonds suffisants aux travaux de recherches et de mise au point. Par suite des progrès accomplis dans la mise au point des réacteurs, toute réduction résultant des travaux de recherches entrepris par le gouvernement et l'industrie, qu'ils l'aient été conjointement ou séparément, a, dans le domaine de la production d'énergie, joué et joue encore à l'avantage du consommateur. C'est lui qui, en fin de compte, bénéficie des changements et des améliorations qui s'opèrent.

M. BEST: Croyez-vous que l'organisme du type américain, qui sans doute entreprend plus de recherches fondamentales et adjuge plus de contrats à l'industrie, finira par s'installer au Canada ?

M. McRAE: Je suis tout à fait en faveur du principe de l'adjudication de contrats de recherches à l'industrie.

M. BEST: Au Canada, les opinions divergent au sujet du type de réacteur que nous étudions; on se demande si nous devrions nous restreindre au type étudié ou si nous devrions explorer, dans une certaine mesure, d'autres avenues. Que pensez-vous de la liberté de concurrence dans l'étude des différents réacteurs ou, mettons, dans les programmes d'ordre technique portant sur différents réacteurs ? Admettriez-vous cette liberté ?

M. McRAE: Oui, je l'admettrais. Je suis tout à fait en faveur de la concurrence et dans la production et dans les procédés techniques. Personne, dans ce domaine, n'a de solution qui exclut toute autre. Ce serait rétrograder que de le croire. Le réacteur qui s'impose est celui qui produira des kilowatts d'énergie le moins cher possible, qu'il soit à eau lourde, à eau bouillante ou que sais-je encore. Il nous faudra encore plusieurs années pour savoir quel sera le meilleur type de réacteur, et le meilleur réacteur sera celui qui produira de l'énergie au plus bas prix de revient.

M. BEST: En d'autres termes, c'est une affaire de temps. Mais pour peu que l'on examine de près les prix de revient en fonction des études entreprises, ne trouvez-vous pas qu'il y aurait avantage à employer différentes méthodes ou à recourir à plusieurs équipes qui agiraient ensemble dans ce domaine ?

M. McRAE: Je dis que nous devrions surveiller de très près tous les modes technologiques dans la production des réacteurs. Mais à tel stade donné, c'est la croisée des chemins et il nous faut opter. Nous avons pris telle direction; une autre société peut en préférer une autre. Nous ne pouvons en prendre plusieurs à la fois. Nous devons choisir notre direction, non pas nous dire : advienne que pourra, c'est là que nous allons. Nous devons y mettre du sens économique, et nous estimons que le

fait de nous être lancés dans tel genre de production ne nous confère pas automatiquement quelque sens économique.

M. BEST: Les limites auxquelles s'étendrait l'étude dans d'autres domaines dépendrait assez bien du montant d'argent que pareille étude exigerait.

M. MCRÆ: Vu les vastes ententes de collaboration que nous avons avec le Royaume-Uni et les États-Unis, nous pouvons nous procurer la plupart des renseignements.

M. BEST: Avoir un programme en cours dans ce domaine et les avantages d'une expérience acquise, n'est-ce pas toute autre chose que de travailler sur place dans tel domaine de production à l'aide de renseignements qui vous viendraient d'un représentant à l'étranger, de journaux ou de consultations ?

M. MCRÆ: Afin que la discussion ne se restreigne pas trop, je vous dirai que le Canada aborde le problème par deux avenues différentes. Nous employons actuellement des modérateurs à eau lourde, nous travaillons à la production et à la mise au point d'un réacteur à refroidissement organique qui promet beaucoup, jusqu'à 150 mégawatts peut-être, — j'en ignore de fait la puissance maximum, — mais nous faisons des recherches dans le domaine organique, et les perspectives sont excellentes. Ce sont là les deux avenues.

M. BEST: Les études en cours portent sans doute sur bien des domaines. C'est M. Boyd ou M. Gray, — ou serait-ce M. Laurence, — qui nous renseignait hier soir sur des essais portant sur différents produits céramiques. Ce qui nous porterait à conclure, monsieur Laurence, que vous entretenez quelque opinion au sujet des réacteurs à haute température? Peut-être s'est-on engagé dans plusieurs directions, monsieur McRae. Répondant à une question, vous nous avez dit que dans dix ans les réacteurs ne ressembleront que bien peu à ceux que nous avons aujourd'hui. Quel sens aurait cette réflexion, en fonction du dessin des réacteurs, de types de réacteurs? Tout ce que je vous demande, c'est de nous laisser entrevoir ce qui, à votre avis, nous attend dans dix ans.

M. MCRÆ: D'autres techniques des combustibles peuvent surgir, les dimensions peuvent être réduites. Dans cinq ou dix ans, nous pourrions peut-être tirer quatre ou cinq fois plus d'énergie d'un réacteur de la même dimension qu'à présent. Ce sont là des améliorations d'ordre physique. Revenons aux moteurs à réaction. J'ai connu un jour où c'était une sorte de miracle de pouvoir tirer 50 heures d'un moteur à réaction. Aujourd'hui, nous en tirons 1,000 heures, grâce à des améliorations d'ordre technologique et d'ordre métallurgique.

M. BEST: La prochaine décennie vous laisse entrevoir toutes sortes de possibilités.

Je poursuis. M. McRae a dit que les immobilisations de la C.G.E. se chiffrent approximativement par 4 millions de dollars.

M. MCRÆ: Par plus que cela.

M. BEST: Il s'agit du programme canadien d'énergie nucléaire. Les travaux de votre société mère, dans le domaine de l'énergie nucléaire, aux États-Unis, vous sont sans doute connus ?

M. MCRÆ: Dans une certaine mesure.

M. BEST: Et ses immobilisations sont considérables. Pouvez-vous nous en donner quelque idée ?

MCRÆ: J'en ignore au juste l'importance, mais ils représentent beaucoup d'argent.

M. BEST: Quelle est la proportion des travaux que votre société mère aux États-Unis, — vous pourriez peut-être la traduire en dollars, — consacre aux réacteurs à eau lourde et uranium naturel? La connaissez-vous?

M. McRAE: Ses travaux portent sur le réacteur à eau bouillante.

M. BEST: Et la proportion vous échappe?

M. McRAE: Les travaux qu'on y a entrepris au département de l'énergie atomique... Je ne crois pas qu'on en ait entrepris dans le domaine de l'eau lourde dans lequel on emploie normalement des réacteurs à uranium naturel; les travaux portent sur un domaine où l'on utilise des carburants enrichis.

M. BEST: A votre avis, cela ne fait surgir aucun point de controverse avec la C.G.E.?

M. McRAE: Non, je ne le pense pas. Les procédés technologiques que la société emploie nous sont familiers. Elle juge que le réacteur qu'elle dessine est le meilleur réacteur, et nous estimons que celui que nous dessinons est aussi le meilleur.

M. BEST: Son réacteur est de quel type?

M. McRAE: C'est un réacteur à eau bouillante, l'eau traversant de part en part le champ de l'énergie pour se convertir en vapeur. L'eau naturelle sert de modérateur. La vapeur que la chaleur fait monter dans le noyau central nucléaire se rend directement aux turbines.

M. BEST: Si la *General Electric* des États-Unis ne travaille pas au réacteur du type CANDU, c'est parce que cette société juge meilleur son type de réacteur?

M. McRAE: Meilleur pour ses fins. La société peut se procurer à volonté des carburants enrichis.

M. BEST: Il s'agit donc des conditions locales. Jugez-vous que, au Canada, les conditions soient assez différentes pour justifier l'étude d'un autre type de réacteur?

M. McRAE: Oui, monsieur. Je désire ajouter quelque chose au compte rendu. M. Laurence peut penser autrement, mais aucun réacteur en service dans le monde de l'heure n'a fait complètement ses preuves du triple point de vue de la rentabilité, de la durée et de la technique.

M. LAURENCE: J'en conviens.

M. DRYSDALE: J'imagine que vous voulez parler d'un réacteur à énergie.

M. BEST: Au sujet du NPD-2, pourriez-vous nous dire, monsieur McRae, combien il coûte? A combien nous reviendra-t-il, selon vous, au moment par exemple où il produira de l'énergie électrique?

M. McRAE: Le renseignement a été consigné au compte rendu l'autre jour; il reviendra à 32 millions de dollars.

M. BEST: Ce chiffre est conforme à votre estimation?

M. McRAE: C'est à peu près cela.

M. BEST: Quand pensez-vous être en mesure de fournir de l'énergie?

M. McRAE: Le NPD-2 traversera son point critique en décembre prochain. Suivra la période des essais. Si tout marche assez bien, il fonctionnera à sa puissance maximum au cours du second semestre, l'an prochain.

M. DRYSDALE: La C.G.E. est-elle à temps, à propos du NPD ?

M. MCRAE: Non.

M. DRYSDALE: De combien est-elle en retard ?

M. MCRAE: De sept à huit mois en retard.

M. BEST: J'aurai des questions à poser à M. Tupper.

M. SLOGAN: Monsieur McRae, on nous a déjà dit que si les sociétés du Canada n'acceptent pas plus de contrats de recherches ou ne se lancent pas davantage dans des travaux de recherches, ce serait en partie parce que nombreuses sont les sociétés canadiennes qui sont des filiales d'importantes sociétés étrangères. Votre équipe de recherches travaille-t-elle en collaboration très étroite avec votre équipe de recherches des États-Unis ?

M. MCRAE: Dans le domaine des réacteurs ?

M. SLOGAN: Oui.

M. MCRAE: Nous avons accès à tous les renseignements que possède l'équipe américaine et qui ne sont pas confidentiels. L'équipe des États-Unis travaille cependant dans un autre domaine que le nôtre. Nos travaux portent sur le réacteur à eau lourde.

M. SLOGAN: Admettriez-vous que les filiales canadiennes n'entreprendraient pas autant de travaux de recherches qu'elles n'en feraient si elles étaient des sociétés exclusivement canadiennes ?

M. MCRAE: Je ne puis m'exprimer qu'au nom de ma société. Je dis que nous faisons ici beaucoup de recherches fondamentales.

M. SLOGAN: Savez-vous si votre société ou quelque autre société comme la vôtre s'est fait passer des travaux par la société mère afin de pouvoir maintenir un personnel de recherches au Canada ? N'est-il pas exact, veux-je dire, que vous n'avez pas suffisamment de contrats pour assurer l'efficacité de votre équipe de recherches au Canada ? Votre société mère consent-elle, afin de vous aider, à vous confier certains travaux spéciaux qui occuperaient votre équipe de recherches et la disposeraient à accepter des travaux qui s'imposeraient ?

M. MCRAE: La *General Electric Company* des États-Unis nous a confié d'importants contrats portant sur les télécommunications, le radar, les missiles et ainsi de suite.

M. SLOGAN: Ce qui vous a aidé à maintenir votre personnel de recherches ?

M. MCRAE: Oui, et notre personnel du génie dans maints secteurs de notre société. Je ne pourrais, car je n'en sais rien, vous renseigner sur les autres sociétés.

Le PRÉSIDENT: A ce sujet, le Comité désirerait obtenir un renseignement. Depuis quelques jours il est question d'un dégrèvement de l'impôt sur le revenu à l'égard des travaux de recherches. Vous pouvez parler librement. Le dégrèvement nuit-il à l'élan de vos recherches ? Le pourcentage établi devrait-il être augmenté ? Devrait-on, par d'autres mesures, stimuler davantage les travaux de recherches au pays ?

M. MCRAE: Je préfère m'abstenir de commentaires ici. J'ai pris part à la préparation d'un mémoire assez élaboré sur le sujet, par l'intermédiaire de l'Association canadienne des manufacturiers; si je devais en citer des extraits, ma mémoire pourrait me jouer des tours. Je tiens à éviter cela. Nous estimons qu'on devrait accorder un dégrèvement plus considérable à l'égard des recherches et de la mise au point. L'avantage d'une telle mesure, je puis le dégager de celui qu'une mesure semblable a valu à l'industrie de la construction navale. Cette industrie se trouvait sur le point de fermer ses portes, mais le soulagement que lui ont apporté certains dégrèvements l'a remise sur pied.

M. BEST : C'est le gouvernement qui les a accordés.

M. MCRAE: Oui, le gouvernement.

M. SLOGAN : Entrevoyez-vous, votre conseil d'administration et vous, le jour où le coût du CANDU sera inférieur à cinq millièmes ?

M. MCRAE: J'ai bien hâte qu'il s'établisse à cinq millièmes.

M. SLOGAN: Pensez-vous qu'il s'établisse jamais à moins de cinq millièmes ?

M. MCRAE: S'il s'établissait à ce niveau, les ingénieurs seraient au comble de la joie. Les sociétés d'énergie jubileraient aussi, car s'il s'établissait à un niveau inférieur à cela ou s'il demeurait à ce niveau, le coût de l'énergie provenant d'autres sources comme les combustibles fossiles montera. M. Farnham, de l'Hydro-Québec, serait mieux placé que moi pour répondre à la question. Posez-la-lui. Voyez la réponse qu'il donnera.

M. SLOGAN: Très bien. Quelle est votre opinion ?

M. DALE FARNHAM (*ingénieur en chef, Commission hydro-électrique de Québec, Montréal, P.Q.*): Dans la province de Québec, nous pouvons compter pendant quinze ou vingt ans encore sur d'excellentes sources d'énergie. Mais il arrive un temps, un point de départ, où il faut songer à utiliser quelque autre source d'énergie. Voici les opinions de ceux qui utilisent l'énergie hydro-électrique. Le stade le plus rapproché est celui où telle autre forme d'énergie devient, dans notre système, plus économique que celle que nous utilisons couramment, que la nouvelle énergie soit du type nucléaire ou d'un autre type. Le stade le plus éloigné ou point d'arrivée est celui où nos propres ressources d'énergie hydro-électrique industrielle et qui sont en état d'exploitation deviennent épuisées. Si quelque société ou compagnie pouvait fournir à notre système une énergie qui reviendrait à moins de cinq millièmes, il est certain que la proposition nous intéresserait. Je puis affirmer, fort de l'assentiment de mon président, que si l'on pouvait nous fournir de l'énergie, que la source soit du type nucléaire ou d'un autre type, à 2½ ou 3½ millièmes, dès demain, nous n'exploiterions aucune autre source d'énergie hydro-électrique. Vous devez vous rendre compte que, depuis trente et un ans que je m'occupe des services d'utilité publique dans la province de Québec, nous cherchons à établir un taux stable, soit le taux que paient les consommateurs d'énergie servant à des fins industrielles, commerciales et domiciliaires. Nous nous sommes efforcés de maintenir ou de réduire ces taux depuis trente et un ans, et nous y avons réussi. Maintenant, nous ne voulons pas nous mettre à les augmenter.

M. DRYSDALE: Auriez-vous l'obligeance, monsieur McRae, de nous décliner vos titres ? Vous avez dit que vous étiez président de la *Canadian General Electric Company*.

M. MCRAE: J'ai débuté avec la société en 1924. J'y ai rempli les fonctions d'ingénieur, puis d'administrateur, et je suis maintenant président du conseil d'administration et administrateur général du service de la société qui s'occupe de l'énergie atomique pour des fins civiles. J'ai la responsabilité de toutes les initiatives nucléaires de la société.

M. DRYSDALE: J'appelle votre attention sur la déclaration suivante, que vous avez formulée à la page 23 :

A notre avis, le gouvernement est sans cesse tenu de fournir les services et les fonds requis pour les recherches pures dans le domaine nucléaire, lorsque ces recherches sont d'intérêt national et qu'elles occasionnent des frais tels que l'entreprise privée ne puisse les assumer. Peut-être est-il logique que le gouvernement entreprenne des programmes de recherches appliquées, de

conception et de mise au point lors des premières phases de processus et de systèmes nucléaires nouveaux et complexes, mais il devrait peu à peu réduire sa participation et en remettre progressivement à l'industrie la responsabilité qu'elle est en mesure d'accepter.

Si vous rapprochez cette déclaration de celle que reproduit la page 33, où il est dit que vers 1980 les immobilisations dans les centrales d'énergie nucléaire et les achats de carburants s'élèveront à quelque quatre milliards de dollars, ne vous paraît-il pas possible, au cours des deux périodes qui séparent 1960 de 1980, — ce qui donne vingt ans, — d'atteindre au développement qui comporte ce chiffre estimatif de quatre milliards de dollars ?

En votre qualité de président d'une importante société, vous devez, j'imagine, prévoir l'avenir. En mettant à contribution vos antécédents, votre formation et vos aptitudes, feriez-vous part au Comité de ce qu'il conviendrait de faire, selon vous, pour avoir un programme acceptable, soit du point de vue de la *Canadian General Electric*, soit du point de vue de l'Association nucléaire du Canada. Peut-être pourriez-vous procéder comme l'a fait la Commission américaine de l'énergie atomique et vous fonder sur une période de dix ans. Chez nos voisins, les immobilisations sont établies à dix milliards de dollars, et les études portent sur des prototypes choisis parmi différents réacteurs. Dans tout votre mémoire, vous ne m'avez paru rien exprimer en dollars.

Je ne comprends pas toutes ces discussions à propos de différents réacteurs, mais je puis comprendre qu'on dise: «J'estime que l'A.E.C.L. devrait poursuivre tel programme qui conduit à tel type de réacteur et que la société affecte telle somme en estimant qu'elle sert ainsi l'intérêt public.» Vous dites que le Canada est tenu de fournir les services pour les recherches pures. Fournir quel montant ? Jusqu'à concurrence de combien ? Vous dites que, selon vous, les recherches sont d'intérêt national. Puis vous ajoutez, au sujet des prix de revient, que des problèmes d'assistance et de processus nucléaires complexes surgissent. Qu'entendez-vous par là ? Je n'y vois aucun sens, dans le contexte. Le Comité n'en sort pas beaucoup mieux renseigné. Nous jugeons les recherches excellentes, les recherches pures excellentes, les recherches appliquées excellentes, ainsi que la mise au point. Nous cherchons à savoir, exprimé en espèces sonnantes, quel montant devraient contribuer et l'industrie et l'A.E.C.L.

M. McRAE: Je suis content de vos observations et avec votre permission, monsieur le président, je vais vous soumettre un document supplémentaire sur ces prévisions à longue échéance. Vous vous rendez compte, — et vous le rappelle pour m'en assurer davantage, — que je parle au nom de l'Association nucléaire du Canada, non pas en celui de l'industrie. Au demeurant, notre société collabore avec tous les importants services canadiens d'utilité publique à une étude qui doit nous apprendre quelles sont les prévisions à long terme des mêmes services à l'égard de la consommation d'énergie. Les préliminaires dans ce sens sont terminés avec quatre sociétés, je crois. Si vous nous accordiez un peu plus de temps, nous tâcherions de vous renseigner sur ce point pour l'ensemble du Canada.

M. DRYSDALE: L'industrie ou l'entreprise commerciale qui vise à la réussite doit faire des prévisions à long terme. Des revisions s'imposent sans cesse, soit dans le sens d'augmentations soit dans le sens de diminutions. Selon vous, l'A.E.C.L. doit s'occuper principalement de recherches portant sur l'énergie. Supposons que votre association doive préparer les prévisions de l'A.E.C.L., quelles seraient vos recommandations au Comité pour les dix ou vingt prochaines années ? En fait, c'est le renseignement que je recherche. A la page 34, vous dites:

Nous estimons qu'il importe au plus haut point que le Canada, pays industriel, puisse se procurer de l'énergie à prix modique.

Puis:

Nous estimons que l'uranium, utilisé comme source d'énergie, résoudra nos problèmes énergétiques.

Mais vous ne dites rien du prix modique de l'énergie obtenue de l'uranium. Quand ce prix atteindra-t-il le niveau de celui des autres types d'énergie ?

M. MCRAE: A la page 30, il est question des travaux des différents comités et nous proposons la formation de sous-comités. Notre association est nouvelle; elle est à peine en train. Les sous-comités, de concert avec l'A.E.C.L., étudieront les besoins de recherches pures et de recherches appliquées qu'il faut combler pour assurer la poursuite du programme national à long terme d'énergie nucléaire; ils feront l'inventaire des services, de l'expérience acquise et des possibilités sur lesquels le pays peut compter pour répondre aux futures exigences d'un programme avancé de recherches pures et de recherches appliquées; ils élaboreront un programme complet, auquel ils apporteront les additions et les modifications jugées nécessaires. Ces sous-comités, en voie de formation, résoudront, croyons-nous, la plupart des problèmes que vous soulevez.

M. DRYSDALE: Ce qui me préoccupe, c'est que la Commission de l'énergie atomique des États-Unis s'est fixé à l'égard de l'eau lourde un objectif que mentionne le rapport du Pont, soit 6.57 millièmes par kilowatt-heure pour 1975. L'échéance paraît lointaine. Il a été question aujourd'hui de 4 à 5 millièmes. Ce que je cherche à faire, c'est d'en arriver à des données claires et susceptibles de comparaison. Le montant en espèces ne nous obsède pas; mais, si nous devons exprimer un vœu, la question des dollars nous intéresse.

M. MCRAE: Nous espérons bien que nos sous-comités en feront état dans le rapport. Point à souligner, dans la comparaison des prix de revient aux États-Unis avec les prix de revient au Canada, il importe beaucoup d'utiliser les mêmes termes, les mêmes choses dans les deux cas. Le rapport du Pont, que je n'ai point lu, se fonde-t-il sur le financement par l'État ou sur le financement privé? Pour le financement par l'État, le service de l'intérêt serait de quatre à six pour cent, tandis que le financement par le capital privé varierait de neuf pour cent à seize pour cent, taux que l'on a déjà mentionné, je crois. L'intérêt influe sensiblement sur le prix de revient.

M. DRYSDALE: M. Watson peut sans doute déposer les renseignements. Nous connaissons les conclusions, mais nous ne savons rien des prémisses sur lesquelles elles reposent. Nous pourrions sans doute consigner le passage au compte rendu. M. Gray, de l'A.E.C.L., s'est servi du rapport pour montrer que l'eau lourde est un sujet qui intéresse les autorités américaines. Il se pourrait, comme vous dites, que la comparaison soit impossible à faire.

M. WATSON: Le rapport ne présente pas les deux groupes données.

M. DRYSDALE: Les données se trouvent du côté droit de la page, au second alinéa. Il s'agit du programme portant sur le réacteur d'énergie à des fins civiles, partie I, sommaire des études techniques et économiques à partir de 1959, C.E.A. des É.-U., TID-8516, page 132 (1960) à page 139. Je n'ai pas le texte du document, mais il y est fait mention des réacteurs à eau lourde de la Commission américaine et d'une déclaration sur les prix de revient de la production d'énergie nucléaire, établis à 6.57 millièmes par kilowatt-heure, aux États-Unis d'Amérique, pour 1975 et (2) de l'indépendance d'une source continue d'uranium enrichi. J'estime qu'il faut ces renseignements pour compléter les données. J'ignore si la comparaison des deux groupes est possible, mais elle doit à peu près l'être.

#### *Note de l'éditeur*

Voici l'introduction du rapport du Pont DP-570:

La Commission de l'énergie atomique a fixé les objectifs qui suivent, à l'égard des réacteurs à énergie à eau lourde:

1. La production d'énergie nucléaire au coût de 6.57 millièmes par kilowatt-heure aux États-Unis vers 1975, et
2. L'indépendance d'une source continue d'uranium enrichi.

Jusqu'ici, aucun réacteur à énergie à eau lourde et d'un rendement considérable n'a été construit. Ainsi, la mise au point de réacteur à énergie  $D_2O$  est beaucoup moins avancée que celle des autres réacteurs à eau légère et à uranium enrichi.

Le rôle qu'a joué la société du Pont dans le programme des réacteurs à énergie destinés à des fins civiles, entrepris par la Commission de l'énergie atomique, ces quatre dernières années, a consisté à mettre au point la grande partie des techniques qu'il faut employer pour dessiner, construire et faire fonctionner avec succès de gros réacteurs à énergie à eau lourde pouvant soutenir la concurrence des autres centrales d'énergie qui se disputent les marchés mondiaux.

Le présent rapport vise à présenter une évaluation courante et optimiste des perspectives économiques des réacteurs à énergie utilisant l'eau lourde comme modérateur et de l'uranium naturel comme carburant qui peuvent servir d'unités de charge minimum pour les importants réseaux d'électricité. On peut trouver des renseignements techniques sur ces réacteurs dans les rapports mensuels sur les progrès accomplis, renvoi 2.

Après l'introduction viennent les conclusions, que reproduit la page 855 des procès-verbaux. Puis vient le sommaire, dont voici le premier paragraphe:

L'obtention d'un prix de revient global de 8.3 millièmes semble possible dans la première génération d'un réacteur à énergie  $D_2O$  d'une charge minimum de 300-eMW, si le réacteur est financé, construit et mis en service suivant les normes d'une entreprise d'utilité privée. Par la suite, les centrales de base des réacteurs à énergie modérés et refroidis à l'eau lourde et utilisant comme carburant de l'uranium naturel pourront produire de l'électricité au coût de 6.8 millièmes par kilowatt-heure grâce à des réductions effectuées dans les prix de revient par les améliorations des dessins des réacteurs, à des augmentations du rendement des centrales et aux fléchissements du prix de revient des unités  $D_2O$ . Aucun de ces prix de revient ne tient compte du sous-produit de plutonium ni de l'uranium non consommé dans le carburant qui a servi; le carburant exposé aux intempéries doit être emmagasiné pendant une période indéfinie. Si l'on accordait aux réacteurs  $D_2O$  des concessions aussi favorables que celles dont bénéficient les réacteurs atomiques au lieu de les évaluer comme une aventure de la part de l'entreprise d'utilité privée, le prix de revient total de l'énergie serait diminué à 7.0 millièmes par kilowatt-heure dès la première génération des réacteurs  $D_2O$  et à 5.7 millions par kilowatt-heure pour la génération subséquente des centrales génératrices. Les concessions en cause seraient les suivantes: a) Recours aux prix courants de la Commission de l'énergie atomique pour le traitement ultérieur du carburant dépensé, b) acceptation des crédits de la Commission de l'énergie atomique pour le sous-produit de plutonium, et c) service d'intérêt de 4 p. 100 l'an sur les immobilisations nucléaires sans dépréciation (l'uranium enrichi, par exemple) et sur les immobilisations en  $D_2O$  sans dépréciation. Le prix de revient établi pour l'électricité provenant des réacteurs  $D_2O$  soutient avantageusement la comparaison avec le prix de revient de 7.0 millièmes par kilowatt-heure de l'énergie produite par des centrales modernes à combustible fossile, avec les prix de revient de 6.57 millièmes par kilowatt-heure, objectif fixé par la Commission de l'énergie atomique pour 1975, et avec le prix de revient de l'énergie obtenue par d'autres types de centrales de puissance

atomiques. Les éléments les plus importants qui entrent dans la composition du prix de revient, à l'égard du réacteur de puissance  $D_2O$ , sont les suivants:

\$10/kg U pour la fabrication du carburant.

\$27/kg U pour la matière brute d'uranium naturel.

7500 MWD/tonne U pour la moyenne d'exposition du combustible aux intempéries.

3% du total du  $D_2O$ , perdu ou remplacé chaque année, et 80%, facteur de charge de centrale.

Chaque membre du comité recevra un exemplaire du rapport dès que nous pourrons le lui adresser.

M. BEST: Avons-nous posé des questions à M. Tupper ?

Le PRÉSIDENT: Oui, quelques-unes; mais il a encore toute une réserve de renseignements.

M. BEST: Monsieur Tupper, je crois que vous avez acquis beaucoup d'expérience au Conseil national des recherches et à Chalk-River. Chalk-River relevait alors du programme du Conseil national, puis, vous nous l'avez appris, vous êtes allé à Toronto. Pouvez-vous nous dire, en votre qualité d'employé de la *Ewbank Partners*, quels travaux exécute votre société ?

M. TUPPER: Le champ de notre activité est plutôt vaste; mais, en ce moment, nous nous spécialisons dans les dessins de centrales thermonucléaires. En passant, monsieur le président, je tiens à relever brièvement l'allusion que M. McRae a faite à mes observations sur les turbines à vapeur. Vu qu'il a mal saisi ma pensée, je crains que d'autres membres du Comité en aient fait autant et je désire mettre les points sur les i. J'affirme que le Canada peut fabriquer toutes sortes de choses, et il est on ne peut plus souhaitable que nous nous y mettions. Toutefois, il nous est impossible d'entreprendre tous les travaux de recherches, de mise au point et de dessin qui nous permettraient de tout fabriquer.

M. McRae a dit que nous étions à construire une turbine à vapeur de 100 mégawatts. Ma société, en effet, agit comme expert-conseil à l'égard de la centrale. Je sais fort bien que les plans de la turbine en question ont été tracés dans un autre pays, mais c'est au pays que nous la fabriquons. Cela se pratique couramment, et le procédé me paraît excellent, car nous ne pourrions préparer les plans et voir aux mises au point que lorsque notre marché sera devenu suffisamment vaste pour absorber ces frais.

M. BEST: En d'autres termes, vous dites que le peu de fonds à notre disposition nous oblige à y regarder de très près avant d'entreprendre dans toutes ses phases l'aménagement de centrales ?

M. TUPPER: Je songe à certains avatars ennus qui ont surgi dans le domaine de l'aéronautique, alors qu'on avait organisé toute une équipe de dessinateurs et fait d'importantes dépenses en outillage. On a tout mis au rancart, pour cette excellente raison que le produit ne trouvait pas preneur. A tout événement, les conséquences devaient être prévisibles avant le lancement du programme. Je me demande si la méprise ne se répétera pas à propos des réacteurs à énergie nucléaire.

M. BEST: En ce qui a trait aux centrales de type classique, quelles sont celles dont vous avez terminé les dessins et les installations ?

M. TUPPER: Nous avons installé une centrale en Saskatchewan pour la Commission de l'énergie provinciale. Son carburant est du lignite et elle est composée de deux

unités de 66 mégawatts. Nous en avons une autre au Manitoba, pour la Commission provinciale de l'électricité; elle brûle aussi du lignite de la Saskatchewan et se compose aussi de deux unités de 66 mégawatts. Nous sommes à installer une centrale pour l'Hydro-Ontario à Fort-William; elle débute avec une unité de 100 mégawatts et brûlera du charbon importé.

M. BEST: Au sujet des centrales à énergie nucléaire, que faut-il, selon vous, pour en assurer le succès et l'efficacité? Quelles seraient les meilleures mesures à prendre?

M. TUPPER: Le dessin doit varier avec les conditions. S'il s'agit d'une centrale où la charge minimum d'entrée peut être établie, un dessin suffira. Si la centrale est très éloignée et qu'il soit très difficile d'y transporter le carburant, la centrale doit être nucléaire car il est facile d'y transporter une faible quantité de carburant nucléaire. Mais l'important, — et M. McRae y a fait allusion, je pense, — c'est que le rendement d'une centrale nucléaire, en kilowatts-heure, soit le plus fort possible et, en prix de revient, le meilleur marché possible.

M. BEST: Je veux être précis. Dans quelle situation se trouvera le Canada, — et si vous voulez être plus précis encore, un secteur du Canada, l'Ontario par exemple, — dans cinq ou dix ans à l'égard des mesures à prendre pour assurer l'efficacité des réacteurs à énergie nucléaire?

M. TUPPER: Monsieur le président, l'Ontario constitue un vaste tout complet où il est possible d'utiliser une grande centrale à charge minimum. Ce qui permet, avec des immobilisations élevées, d'obtenir du carburant à prix modique. C'est sans aucun doute une centrale comportant des immobilisations élevées et un carburant à prix modique qu'il faudrait commencer par installer dans le sud de l'Ontario.

M. BEST: Quel type de réacteur à énergie atomique, selon vous, deviendra en définitive le plus efficace et le meilleur?

M. TUPPER: Monsieur le président, je crois avoir nettement établi, lors de l'énumération de mes titres, que si je possède certaines connaissances en dessin des réacteurs, je n'ai rien entrepris dans ce domaine depuis 1949. Je n'ai fait qu'y jeter un regard de temps à autre, de sorte que les dernières améliorations d'ordre technologique m'échappent.

M. BEST: Vous travaillez tout de même dans un domaine analogue de production d'énergie, et vous devez bien avoir quelque opinion en l'espèce?

M. TUPPER: Je dis, avec M. McRae, qu'il faudra encore beaucoup de temps pour le savoir. Le fait que plusieurs pays et plusieurs industries de plusieurs pays se sont engagés dans des sentiers tout à fait divergents laisse entrevoir de nombreuses possibilités. Nous devons explorer les plus prometteuses d'entre elles, et seul le temps dira quel type doit survivre. Tous les types ne survivront pas; certains s'affirmeront meilleurs que d'autres. Il peut arriver que certains types de réacteurs révèlent des défauts technologiques, et que certains autres types en présentent moins. Il peut arriver aussi que de faibles diminutions se produisent dans le prix de revient. Je n'oserais prédire quel type de réacteur l'emportera au cours des vingt ans qu'il faudra y consacrer pour que nos idées se précisent nettement dans ce domaine. Nous devons dessiner ces réacteurs, les mettre en usage pendant très longtemps, puis dessiner une seconde génération de réacteurs en partant de la première, puis dessiner une troisième génération de réacteurs en partant des deux premières, avant de savoir quels types l'emporteront sur les autres. On croira que je cherche à éluder la question, mais il n'en est rien. J'y réponds de la façon la plus franche possible.

M. BEST: En d'autres termes, on ne saura vraiment de quoi il en retourne dans tel domaine qu'après une longue expérience commerciale?

M. TUPPER: Précisément.

M. BEST: Puisqu'il en est ainsi, il importe avant tout de bien choisir la ligne de conduite à suivre et le type de réacteurs sur lesquels portent les recherches, vu la longueur de la période qu'il faudra, si nous avons raison, — et je suis sûr que nous aurons raison, — pour en établir l'efficacité. Si c'est affaire de degré de réussite et d'économie, — ce qui prend bien du temps à établir, — et si les présentes méthodes d'étude se révèlent moins efficaces que les autres méthodes, nous nous trouverons bien en retard dans d'autres domaines, n'est-ce pas ?

M. TUPPER: Si j'ai bien saisi le sens de votre question et si nous avons été chanceux au point d'avoir choisi le type de réacteur qui doit l'emporter, rien ne sera à recommencer et nous pourrions demeurer sur la route du succès. Il faudra du temps à quiconque pour savoir si nous gardons la bonne route et pour savoir si elle conduit au succès. S'il faut faire marche en arrière, on sera aussi avancé sur la route que tout autre ayant travaillé au même type de réacteur. Il ne faut pas tout recommencer, et l'on peut s'engager sur la route à l'endroit même où les autres sont rendus.

M. BEST: Approuvez-vous l'A.E.C.L. lorsqu'elle affecte autant d'argent à cette centrale d'énergie atomique pour la production de réacteurs à eau lourde et à uranium naturel ?

M. TUPPER: Il y a douze ans, lorsque je croyais avoir des connaissances dans ce domaine, ce n'est pas là le type de réacteurs que j'aurais choisi si l'on m'avait demandé: Quel type prévoyez-vous doit survivre au type de réacteur à énergie ? Mais, si l'on m'avait demandé à quel type de réacteur le Canada pouvait travailler, étant donné que nous avons des connaissances de première valeur dans le domaine des réacteurs à énergie à eau lourde, j'aurais répondu que les réacteurs à énergie offraient des possibilités. D'aucuns prétendent que pour trouver le bon réacteur il faut faire l'essai d'à peu près chaque type. Je ne crois pas qu'il faille conclure à la mise à l'épreuve d'un grand nombre. Nous tirons avec une balle, non pas avec des plombs. Nous devons arrêter notre choix sur quelque chose qui nous paraisse acceptable et en poursuivre l'étude. Nous ne pouvons étudier tous les types à la fois, sauf si les avantages espérés en valent vraiment la peine.

M. BEST: On a dit que le gouvernement devrait entreprendre une étude technique sur l'enrichissement de l'uranium, par exemple, afin de savoir si les installations d'enrichissement du Canada y trouveraient leur compte, et qu'il devrait examiner les différents procédés techniques d'enrichissement en fonction des différents types de réacteurs à énergie. Seriez-vous en faveur d'une telle étude ?

Le PRÉSIDENT: Le témoin a déjà dit qu'il ne s'occupe plus des réacteurs depuis douze ans.

M. BEST: Mais il travaille dans d'autres domaines.

Le PRÉSIDENT: Et votre question porte directement sur les réacteurs.

M. BEST: Ma question s'adresse à un savant très éminent muni d'une vaste expérience.

M. TUPPER: Je veux bien répondre à la question. Il se peut que nous en venions à jouer le rôle, au cours des années qui viennent, de fournisseur de carburant nucléaire ou de carburant pour usines nucléaires. Nous avons de fortes réserves d'uranium, si le marché nous attire. Nous en avons beaucoup que nous n'utiliserons pas au pays pendant des années encore. Si nous décidons d'en vendre à quiconque a besoin de carburant nucléaire, il nous faut absolument offrir un carburant enrichi, vu qu'un nombre restreint de réacteurs utilisent de l'uranium naturel.

Il est impossible de faire fonctionner les petits réacteurs, — petits physiquement, du type à énergie, — avec de l'uranium naturel. L'uranium naturel vaut pour les gros

réacteurs, à charge minimum et d'un fort rendement. Les réacteurs destinés aux navires et à différentes fins, à faible chargement, doivent utiliser de l'uranium naturel et, si on décidait d'offrir sur le marché un carburant qu'ils peuvent utiliser, il faudrait offrir un carburant enrichi.

M. BEST: M. Boyd a parlé du degré de sécurité des tubes à pression, de leur réduction de quatre à trois.

Le PRÉSIDENT: Étiez-vous présent lorsque M. McRae a tout expliqué en détail ?

M. BEST: Je crois avoir entendu dire par M. McRae qu'il avait pleine confiance dans le facteur de sécurité.

Le PRÉSIDENT: A-t-on d'autres questions à poser ?

M. BEST: L'A.E.C.L. a laissé entendre que le facteur de sécurité des tubes à pression du CANDU a été réduit de quatre à trois et que, dans le cas qui nous occupe, cette réduction n'offrait rien d'inusité. Qu'en pensez-vous vous-même ? La sécurité est-elle totale ?

M. MCRAE: Oui, et je sais qu'on n'abandonne rien au hasard. Les tubes dont nous nous servons ne sont pas construits généralement comme les tubes ordinaires de chaudière, que l'on courbe et recourbe pendant la fabrication. Nos tubes sont rectilignes. Plusieurs ont crevé, mais jamais sous une pression moindre que 5,600 livres par pouce carré. C'est un élément intrinsèque de sécurité de grande résistance. Lorsque j'ai parlé de la sécurité, j'ai dit que nous étions portés à être prudents à l'excès afin de nous assurer que l'élément de sécurité est à toute épreuve. Et je prédis que l'élément intrinsèque de sécurité a beaucoup plus de résistance qu'il n'en faut dans ce domaine.

M. BEST: Je désire poser la même question à M. Tupper.

M. TUPPER: Aucun des renseignements que je possède ne me permet de répondre clairement. Il s'agit de tubes d'alliage d'un élément au sujet duquel les ingénieurs ordinaires n'ont aucune sorte d'expérience. J'ai entendu ce que M. McRae vient de dire. S'il s'agit d'une matière très ductile et non cassante dans le cours ordinaire des choses, je crois avec lui que, toutes précautions prises, il est possible d'accroître le degré de sécurité. D'autre part, si la matière est cassante, les risques s'accroissent démesurément. Je ne saurais répondre intelligemment, vu que je ne connais pas de quelle nature est cette matière.

M. BEST: Vos doutes vous viennent du peu de connaissances que vous avez pour l'instant dans ce domaine ?

M. TUPPER: Je manque simplement des renseignements qu'il faut, à propos de ces tubes, pour vous donner une réponse intelligente.

M. MCRAE: Vous dites que M. Tupper entretient des doutes. Je ne pense pas qu'il ait dit qu'il en entretenait. Il ne possède pas, a-t-il dit, tous les renseignements sur la nature de ces tubes.

Le PRÉSIDENT: Je désire, au nom du Comité, remercier les témoins des témoignages qu'ils ont rendus aujourd'hui. Je regrette que nous n'ayons pu vous entendre davantage.

## APPENDICE "A"

## TABLEAUX ET RENVOIS

TABLEAU 1 — CONSOMMATION D'ÉNERGIE\* D'APRÈS LES COMPILATIONS DES NATIONS UNIES SUR LES APPROVISIONNEMENTS MONDIAUX

|                                       | Année    | CANADA | É.-U. | R.-U. |
|---------------------------------------|----------|--------|-------|-------|
| Consommation globale d'énergie .....  | 1956     | 93     | 1334  | 253   |
|                                       | (1) 1957 | 92     | 1334  | 247   |
|                                       | 1958     | 90     | 1332  | 246   |
|                                       | 1959     | 98     | 1387  | 240   |
| Consommation d'énergie par tête ..... | 1956     | 5.79   | 7.93  | 4.91  |
|                                       | (2) 1957 | 5.54   | 7.79  | 4.78  |
|                                       | 1958     | 5.29   | 7.65  | 4.73  |
|                                       | 1959     | 5.61   | 7.83  | 4.60  |
| Importations nettes par tête .....    | 1956     | 2.40   | 0.06  | 0.68  |
|                                       | (2) 1957 | 2.06   | 0.02  | 0.72  |
|                                       | 1958     | 1.76   | 0.32  | 0.85  |
|                                       | 1959     | 1.84   | 0.45  | 1.04  |

(1) En millions de tonnes métriques traduites en charbon.

(2) En tonnes métriques par tête.

\* Sources d'énergie : charbon et lignite, pétrole brut, gaz naturel et électricité obtenue de la force hydraulique.

Mai 1961.

TABLEAU 2 — CONSOMMATION D'ÉNERGIE AU REGARD DU REVENU NATIONAL, 1959

Source : Statistique des Nations Unies

|                            | Revenu national<br>par tête,<br>en dollars américains | Consommation d'énergie<br>par tête<br>(tonnes métriques traduites<br>en charbon) |
|----------------------------|---|--|
| ÉTATS-UNIS .....           | 2,235   | 7.83   |
| CANADA .....               | 1,583   | 5.61   |
| SUÈDE .....                | 1,383   | 3.00   |
| ROYAUME-UNI .....          | 1,020   | 4.60   |
| FRANCE .....               | 874   | 2.37   |
| ALLEMAGNE DE L'OUEST ..... | 840   | 3.27   |
| ITALIE .....               | 456   | 1.00   |
| JAPON .....                | 300   | 0.97   |
| BRÉSIL .....               | 112   | 0.33   |
| INDE .....                 | 68  | 0.14   |

Mai 1961.

TABLEAU 3 — PUISSANCE GÉNÉRATRICE DES INSTALLATIONS  
Puissance nette en milliers de mégawatts

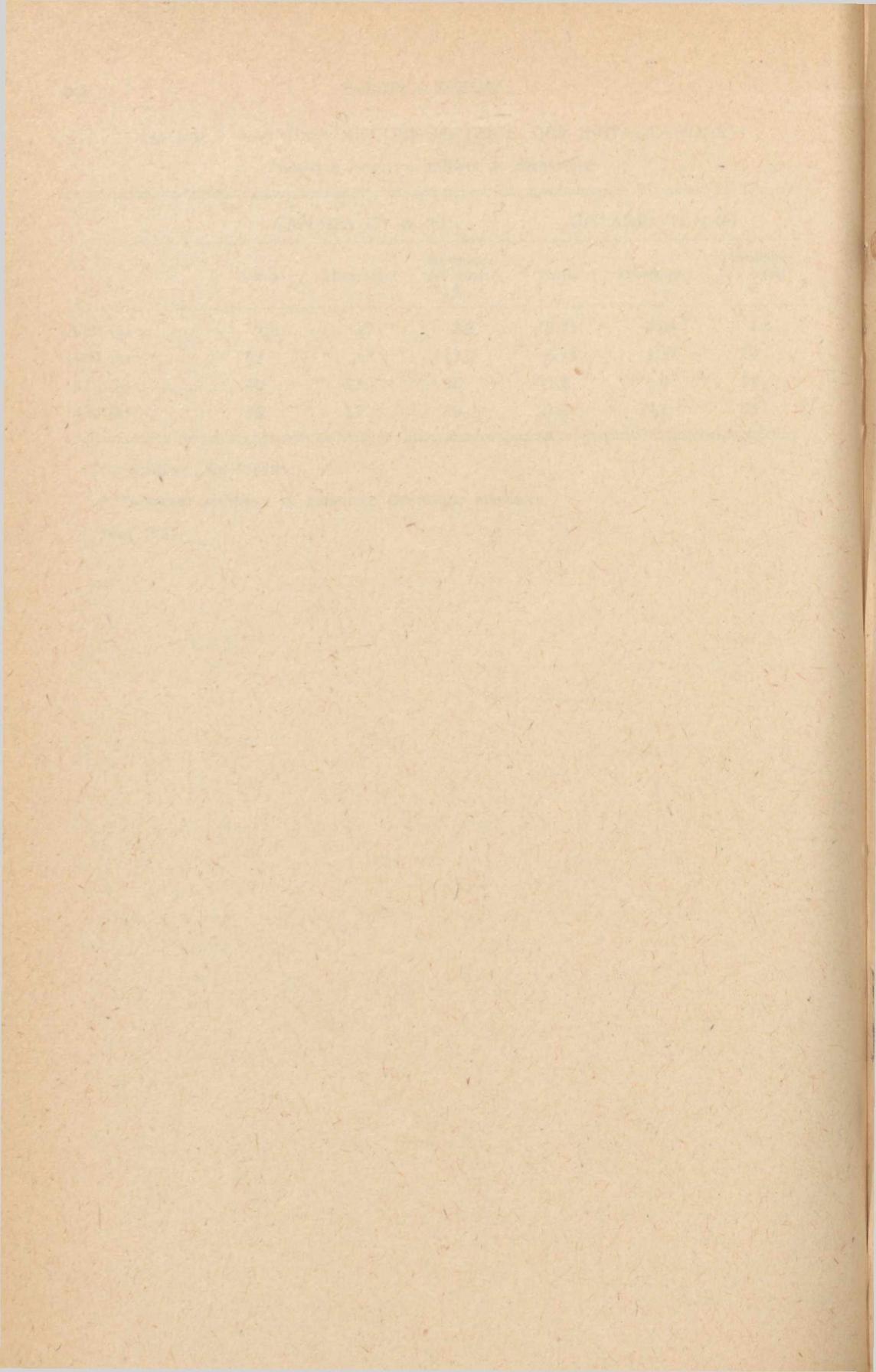
|                | CANADA (5) et (6) |            |                              | ONTARIO (1) et (4) |            |                              |
|----------------|-------------------|------------|------------------------------|--------------------|------------|------------------------------|
|                | Totale            | Thermique* | Thermique<br>e/f totale<br>% | Totale             | Thermique* | Thermique<br>e/f totale<br>% |
| 1950 (a) ..... | 9.2               | 0.2        | 2.2                          | 2.73               | 0.04       | 1.5                          |
| 1960 (a) ..... | 22                | 3.8        | 17.2                         | 6.93               | 1.37       | 20                           |
| 1970 (b) ..... | 40                | 12         | 30                           | 11.8               | 6.0        | 51                           |
| 1980 (b) ..... | 76                | 27         | 36                           | 21.7               | 14.1       | 65                           |

(a) Réelle. (b) Prévüe.

\* Puissance ordinaire et puissance thermique nucléaire.

Mai 1961.





CHAMBRE DES COMMUNES

Quatrième session de la vingt-quatrième législature  
1960-1961



---

COMITÉ SPÉCIAL

DES

# RECHERCHES

*Président* : M. J. W. MURPHY

---

PROCÈS-VERBAUX ET TÉMOIGNAGES

Fascicule 24

---

ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED

---

SÉANCE DU JEUDI 25 MAI 1961

---

TÉMOINS :

M. R. C. Golding, directeur de la revue *Modern Power and Engineering*;  
M. G.-C. Laurence, directeur des recherches à la Division d'étude et de  
mise au point des réacteurs de l'A.E.C.L., et M. C. C. Kennedy, agent  
des relations extérieures.

ROGER DUHAMEL, M.S.R.C.

IMPRIMEUR DE LA REINE ET CONTRÔLEUR DE LA PAPETERIE  
OTTAWA, 1961

COMITÉ SPÉCIAL DES RECHERCHES

*Président* : M. J. W. Murphy

*Vice-président* : M. C. A. Best

et MM.

Aiken

Anderson

Batten

Bissonnette

Bourget

Brunsdén

\*Crouse

Drysdale

Dumas

Forgie

Godin

McIlraith

Nugent

Pitman

Slogan

Stearns

Stewart

*Secrétaire du Comité* :

J. E. O'Connor

\*Remplacé par M. Korchinski le 25 mai 1961.

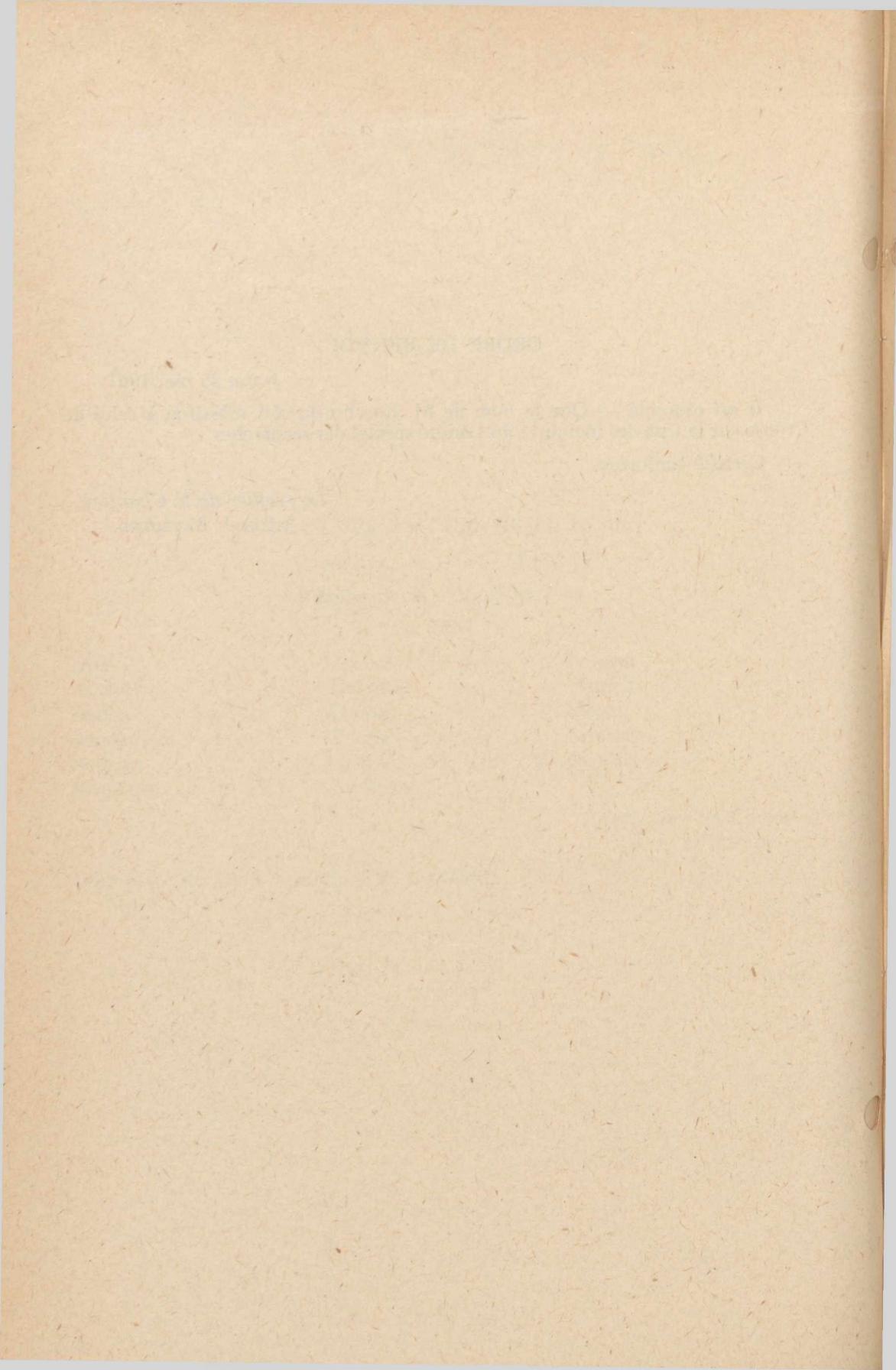
ORDRE DE RENVOI

JEUDI 25 mai 1961

Il est ordonné — Que le nom de M. Korchinski soit substitué à celui de Crouse sur la liste des membres du Comité spécial des recherches.

Certifié conforme.

*Le greffier de la Chambre,*  
LÉON-J. RAYMOND.



## PROCÈS-VERBAL

JEUDI 25 mai 1961  
(30)

Le Comité spécial des recherches se réunit à 2 h. 33 de l'après-midi sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents* : MM. Anderson, Best, Danforth, Drysdale, Godin, Murphy, Nugent, Slogan, Stearns et Stewart.—(10).

*Aussi présents* : M. James L. Craig, vice-président à la division des publications de la *Maclean-Hunter Publications Co. Ltd*; M. R. C. Golding, directeur de la revue *Modern Power and Engineering Magazine*. Représentants de *l'Atomic Energy of Canada Limited* : M. D. Watson, secrétaire; M. G. C. Laurence, directeur des recherches, division d'étude et de mise au point des réacteurs; et M. C. C. Kennedy, agent des relations extérieures.

Au nom de la *Maclean-Hunter Publications*, M. Craig établit la position de cette maison d'éditions en ce qui regarde le témoignage de M. Golding au Comité.

On présente M. Golding qui donne d'abord un aperçu des études qu'il a poursuivies et de ses connaissances techniques, puis expose brièvement, d'après lui, les fonctions primordiales et secondaires de *l'Atomic Energy of Canada Limited*.

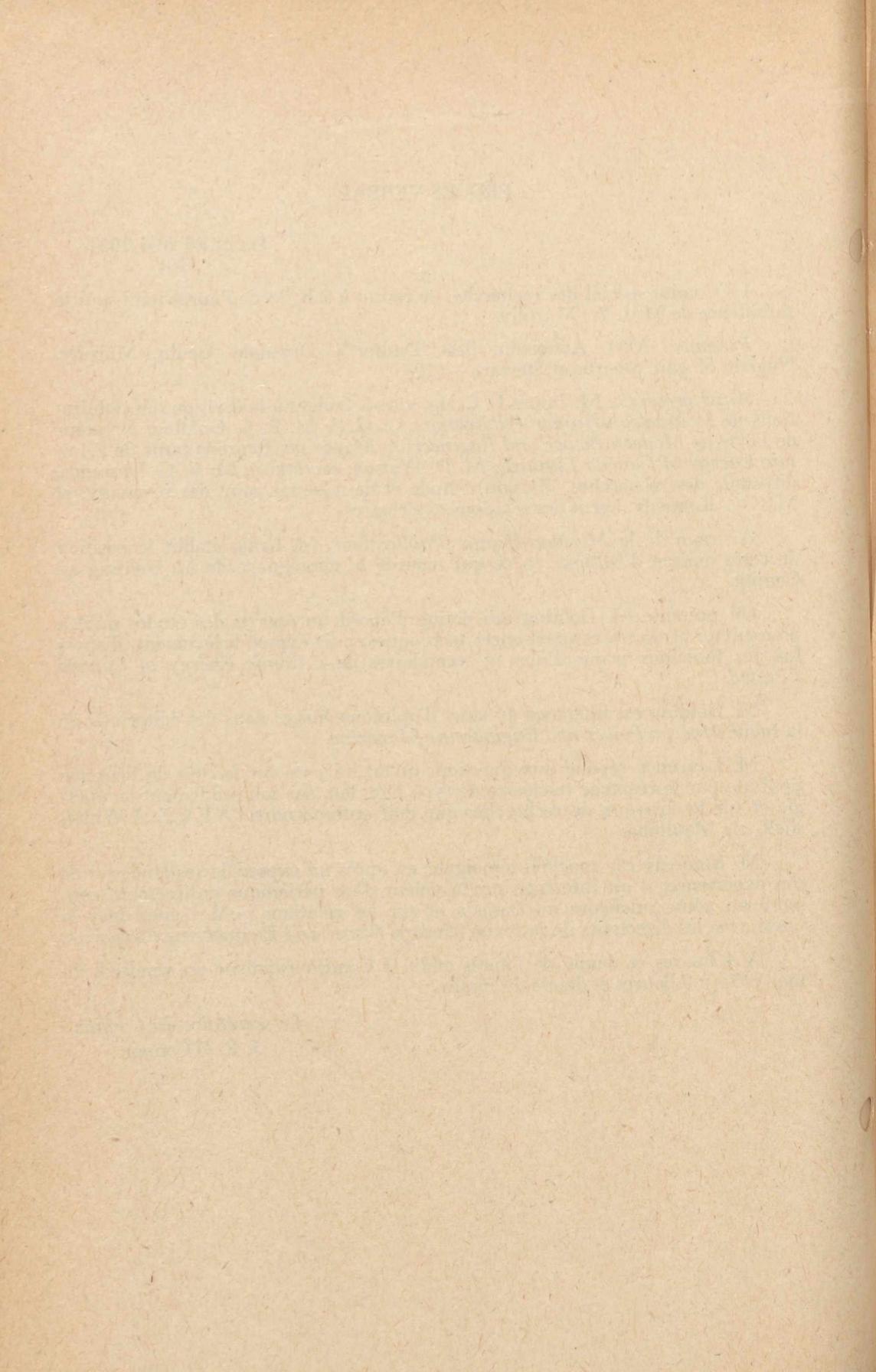
M. Golding est interrogé au sujet d'opinions émises dans des éditoriaux de la revue *Modern Power and Engineering Magazine*.

M. Laurence répond aux questions qu'on lui pose sur le coût de l'énergie produite par le réacteur nucléaire de type Dresden, sur son rendement en énergie et sur les travaux de recherches que doit entreprendre l'A.E.C.L. à Whiteshell, au Manitoba.

M. Kennedy est appelé à témoigner et, après un exposé de ses études et de son expérience, il est interrogé sur la valeur d'un périodique entièrement consacré au génie nucléaire au Canada et sur les relations qu'il a eues dans le passé avec les directeurs de la revue *Modern Power and Engineering Magazine*.

A 4 heures et demie de l'après-midi, le Comité s'ajourne au vendredi 26 mai 1961, à 9 heures et demie du matin.

*Le secrétaire du Comité,*  
J. E. O'Connor.



## TÉMOIGNAGES

LE PRÉSIDENT : Messieurs, nous avons quorum.

Aujourd'hui, nous avons le plaisir d'avoir avec nous le directeur de la revue *Modern Power and Engineering*, M. Royden Charles Golding.

Monsieur Craig, n'êtes-vous pas associé à la *Maclean-Hunter Publications* ?

M. JAMES LINDLEY CRAIG : (vice-président chargé de la division des publications commerciales à la *Maclean-Hunter Publishing Company*) : Oui, monsieur.

LE PRÉSIDENT : Vous désirez faire une déclaration, je crois. M. Craig a donné à entendre hier, au téléphone, que la presse avait fait certaines conjectures au sujet des raisons qui empêchaient M. Golding de se présenter de plein gré au Comité. Comme vous le savez, M. Golding a été assigné à comparaître. C'est bien ce que vous avez en vue, je pense, Monsieur Craig, et nous serons heureux de vous entendre.

M. CRAIG : Monsieur le président et messieurs les membres du comité, je m'appelle James Lindley Craig et je suis le vice-président chargé de la division des publications commerciales à la *Maclean-Hunter Publishing Company*.

On a passé certains commentaires devant votre Comité laissant croire qu'un membre de notre personnel, M. Roy Golding, a voulu se présenter au Comité et que la compagnie qui l'emploie l'en a empêché. Pour cette raison, vous voudrez bien m'accorder le privilège de faire un bref exposé des faits.

M. Golding a préparé un mémoire qu'il devait présenter à votre Comité. Il nous l'a soumis pour s'assurer de l'entière approbation de notre compagnie et des publications qu'elle implique. Nous l'avons étudié longuement avec M. Golding et nous lui avons finalement recommandé de ne prendre aucune disposition pour vous présenter son mémoire.

Nous lui avons fait remarquer que même si, à titre de simple particulier, il avait le droit de témoigner devant n'importe quel comité de la Chambre, à notre avis, cela ne servirait à rien puisqu'il n'avait aucun fait à soumettre dont le Comité ne soit déjà informé par d'autres. De fait, dans ses éditoriaux, ses commentaires sont tous inspirés de renseignements qu'il a obtenus d'autres particuliers ayant déjà comparu au Comité ou qui doivent y paraître. C'est-à-dire que votre Comité va obtenir ses renseignements de première main, alors que ceux de M. Golding sont forcément de seconde main.

Le but primordial de toutes nos publications, sans exception, c'est de présenter des faits. Nos rédacteurs sont libres de commenter les renseignements qu'ils accumulent au cours de la préparation de chaque numéro de leurs publications. Ils n'hésitent pas à exprimer leurs opinions sur des questions d'intérêt dans le domaine qui les occupe. Toutefois, ils ne doivent présenter ces commentaires qu'à la page précisément consacrée aux opinions de la direction. Les nouvelles elles-mêmes paraissent dans les articles spéciaux de la publication et dans les pages consacrées aux nouvelles.

Dans la publication de nouvelles et de renseignements techniques, il arrive souvent que nos périodiques rapportent ou reflètent les idées catégoriques que partagent des hommes de profession dans leurs domaines respectifs. En principe, ils devraient présenter toutes les opinions, pour ou contre, et toutes les nuances d'opinions sur une question controversée. Le rédacteur ne doit prendre fermement position que lorsqu'il est convaincu d'avoir trouvé, sans contredit, la version exacte d'une nouvelle. A cet égard, nos rédacteurs jouissent d'une grande latitude et nous nous en remettons à leur jugement. Dans certains éditoriaux, M. Golding s'est prononcé énergiquement au sujet de la ligne de conduite du Canada en matière d'énergie nucléaire et nous acceptons l'entière responsabilité des opinions qu'il a émises.

Si M. Golding avait connu par lui-même des faits se rapportant à votre enquête—des renseignements que vous n'auriez pu obtenir de première main de vos autres témoins—nous l'aurions sûrement encouragé à venir témoigner et soumettre ces faits à votre considération.

En l'occurrence, il nous a semblé—et M. Golding en a convenu quand nous avons de nouveau étudié son mémoire—qu'il n'apportait rien à votre fonds de renseignements et que, s'il se présentait au Comité de son plein gré, il risquait fort de perdre ses prérogatives auprès des sources de renseignements.

Tout rédacteur de publication commerciale doit compter sur divers informateurs bien renseignés qui consentent à lui fournir de la documentation de base et l'opinion d'experts. Il doit analyser tous les renseignements obtenus de cette façon et publier, de son propre chef, les nouvelles qui, d'après lui, vont susciter le plus d'intérêt. Bien des renseignements lui sont donnés à titre confidentiel et lui servent à se documenter et à mieux comprendre une question. Il n'ira pas révéler ses sources de renseignements confidentiels ni abuser de la confiance de ses informateurs et on ne peut exiger de lui qu'il le fasse.

Comme je l'ai déjà dit, pour ce qui est de la ligne de conduite du gouvernement canadien dans le domaine de l'énergie nucléaire, M. Golding a certaines convictions et opinions qu'il a présentées ouvertement dans sa publication. Ce sont des opinions sincères qu'il s'est formées après avoir étudié les renseignements qu'il a recueillis de plusieurs sources. Mais il faut dire que les opinions ne sont pas des preuves : c'est ce principe fondamental qui a décidé M. Golding à ne pas comparaître de son plein gré.

Vu qu'il a maintenant été assigné à comparaître, il est prêt à faire une déclaration au Comité et à répondre aux questions que vous voudrez bien lui poser au sujet des articles qui ont paru dans la revue *Modern Power and Engineering*.

Je vous remercie.

M. DRYSDALE : Nous est-il permis de poser des questions à M. Craig ? Je me demande pourquoi il a fait cette déclaration.

Le PRÉSIDENT : Je crois que vous avez le droit de poser des questions à M. Craig. Il a tenu à venir faire une déclaration au nom de la compagnie qui emploie M. Golding. Évidemment, il a voulu justifier le recours à l'assignation. Étant donné la déclaration que M. Craig vient de faire, vous êtes libres de lui poser les questions que vous voudrez.

M. DRYSDALE : Je me demande précisément pourquoi vous vous êtes cru obligé de faire cette déclaration, puisque, en ce qui concerne le Comité, M. Golding est simplement un autre témoin. Nous lui poserons des questions et c'est à nous de juger ensuite de la valeur de son témoignage. Je ne m'explique pas bien en quoi cela vous regarde.

M. CRAIG : Je pense que le président vous l'a expliqué de la seule façon que je vois, c'est-à-dire que nous avons eu l'impression que certaines critiques s'adressaient à notre compagnie quand on a laissé croire que nous essayions peut-être de vous mettre des bâtons dans les roues. Nous avons voulu faire bien comprendre que ce n'est pas là notre attitude. Nous n'avons jamais eu l'intention de rendre la tâche plus difficile au Comité.

M. DRYSDALE : Faisons une mise au point. Est-ce que les éditoriaux de la revue reflètent la ligne de conduite de la direction ou bien, par votre déclaration, voulez-vous dénier toute responsabilité en ce qui concerne les éditoriaux et laisser croire, en vous en désintéressant, qu'ils représentent les opinions personnelles de M. Golding ?

M. CRAIG : Il n'est nullement question de déni de responsabilité. Il serait injuste de ma part d'en laisser croire autrement. Si je me rappelle bien, j'ai déclaré que nos rédacteurs sont libres de commenter les renseignements qu'ils ac-

cumulent au cours de la préparation de chaque numéro de leurs publications et ce sont là les opinions de nos rédacteurs qui savent se renseigner sur une question.

M. STEWART : Mais ce n'est pas nécessairement votre point de vue ?

M. CRAIG : Non, pas nécessairement. D'une publication à l'autre, les opinions peuvent varier.

M. DRYSDALE : Je voulais simplement préciser que l'objet de votre déclaration est de laisser savoir que les avancés de M. Golding sont fondés sur les renseignements qu'il a pu obtenir et sur ses connaissances acquises.

M. CRAIG : Le seul but de ma présence ici est de rectifier la fausse impression créée dans la presse voulant que nous ayons empêché un témoin de paraître devant le Comité.

M. NUGENT : Comment pouvez-vous concilier cela avec ce que vous nous disiez tantôt au sujet des opinions sincères que M. Golding exprime dans ses éditoriaux ? Vous avez dit que ses éditoriaux représentent des opinions sincères, ce qu'il importe au Comité de juger. De plus, vous vous êtes donné du mal pour l'aider à protéger ses sources de renseignements. Il n'est donc pas tout à fait juste de dire que vous êtes venu ici dans un seul but.

M. CRAIG : Je n'ai rien à dire à ce propos. Je vous ai déjà donné la raison qui m'a amené ici.

Le PRÉSIDENT : Votre déclaration est consignée au compte rendu.

M. Golding va nous faire l'exposé de ses antécédents. Je présume que chacun de vous en possède le texte, mais nous allons cependant lui demander de nous en faire part de vive voix pour qu'il soit consigné au compte rendu.

M. ROYDEN CHARLES GOLDING, (*directeur de la revue Modern Power and Engineering, Maclean-Hunter Publishing Company*) : Monsieur le président et messieurs, je m'appelle Royden Charles Golding. Je suis le directeur de la revue *Modern Power and Engineering* établie en 1908 et qui est une publication de la *Maclean-Hunter Publishing Company*. Je suis né en Angleterre, j'y ai fait mes études et j'ai obtenu des grades en génie électrique et mécanique à Londres. Je suis citoyen canadien et ingénieur de la province d'Ontario. Je suis membre de l'*Engineering Institute of Canada* et j'ai déjà fait partie du *Chartered Institute of Secretaries*, de l'*Institute of Electrical Engineers* et de l'*Institute of Mechanical Engineers*.

En fait d'expérience, j'ai d'abord été engagé par un brevet d'apprentissage dans une grande compagnie d'ingénieurs en installations électriques, en Angleterre. J'ai passé toute ma vie à m'occuper de services d'approvisionnement en électricité. C'est-à-dire que je compte à peu près autant d'expérience dans les services d'utilité publique, d'entreprises privées ou municipales qu'avec les grandes commissions nationales en Angleterre.

J'ai passé à peu près autant de temps à surveiller la production, la transmission et la distribution de l'énergie électrique, et à diriger des services d'utilité publique. J'ai agi comme ingénieur en chef et administrateur des municipalités de Wallasey et de Southend on Sea, en Angleterre. Après l'étatisation des entreprises d'énergie électrique, je suis devenu ingénieur en construction pour une région dans l'est de l'Angleterre.

A mon arrivée au Canada, avant d'accepter, en 1953, le poste que j'occupe présentement, j'ai passé deux ans à la centrale thermo-électrique R. L. Hearn de la Commission de l'hydroélectrique de l'Ontario.

Le PRÉSIDENT : Messieurs, même si M. Golding n'a pas un mémoire tout rédigé, il est prêt à nous faire une déclaration verbale, après quoi il répondra volontiers aux questions que vous lui poserez.

M. GOLDING : Monsieur le président, avant de faire mon court exposé, je dois vous expliquer que je me trouve un peu dans l'embarras cet après-midi. J'ai perdu, ou laissé, à l'aéroport, la serviette contenant toutes mes notes—à peu près

cinquante pages. On nous a fait changer de taxi et j'avais l'impression qu'on allait transporter les bagages de l'un à l'autre. Il y a actuellement plusieurs personnes qui cherchent ma serviette dans Ottawa.

Monsieur le président, je dois dire, tout d'abord, qu'à notre avis, il faudra finalement reconnaître l'importance de la question dont vous êtes saisis en ce qui regarde le progrès économique du Canada. Dans la revue *Modern Power and Engineering* nous avons pris l'attitude qu'il faudrait des conditions différentes pour accélérer le progrès dans le domaine de l'énergie nucléaire. Pour atteindre ce but, il nous semble qu'il faudrait poursuivre les travaux de recherches de façon indépendante. Si possible, les services techniques devraient être confiés à un groupe distinct qui relèverait de l'industrie.

M. NUGENT : Si je puis vous interrompre, qu'entendez-vous par « nous » ?

M. GOLDING : Je parle toujours en ma qualité de directeur de revue. Quand je dis « nous », je veux dire moi-même, la publication et le personnel dont je suis responsable.

M. NUGENT : Vous voulez dire la revue ?

M. GOLDING : En effet. Si, toutefois, la section des services techniques était un ministère fédéral, alors nous sommes d'avis que les deux devraient faire rapport au gouvernement en passant par une autorité centrale ayant son propre personnel technique et choisie pour établir une ligne de conduite, pour s'occuper des contrats et le reste, et qui étudierait continuellement les progrès réalisés dans le domaine de l'énergie nucléaire. Je pense à différents types de réacteurs. Monsieur le président, nous pouvons mettre cette situation en parallèle avec celles qui existent dans certains autres domaines et que nous pourrions envisager. Par exemple, la situation qui nous occupe peut se comparer à celle qui existerait si le gouvernement avait confié aux Chemins de fer Nationaux du Canada toute la ligne de conduite en matière de transport dans le pays et, en même temps, la régie de leur réseau ferroviaire. Il semble y avoir là une analogie. Autant que je sache, la même chose est arrivée, dans le cas de la Société Radio-Canada, quand le gouvernement a décidé en fin de compte qu'il valait mieux ne plus laisser une entreprise commerciale régler sa ligne de conduite. C'est ainsi, pour certaines raisons, qu'on a formé le Bureau des gouverneurs de la radiodiffusion.

La principale différence avec les cas que je viens de vous citer, c'est que le domaine de l'énergie nucléaire embrasse des connaissances plus étendues et que si on voulait établir, en ce domaine, un organisme semblable à celui du Bureau des gouverneurs de la radiodiffusion il faudrait qu'il comporte un personnel technique. En Angleterre, on a pris récemment des mesures de ce genre quand on a divisé en deux groupes les experts en énergie nucléaire, un groupe consacré aux recherches et l'autre aux services techniques. L'organisation qu'on avait jusqu'au début de l'année courante ne faisait pas l'affaire et on a décidé de former ces deux groupes distincts.

A notre avis, les désavantages sont devenus de plus en plus marqués et il fallait instituer une enquête pour attirer l'attention sur la loi relative à l'énergie nucléaire. Nous avons travaillé dans ce but-là. Je vous remercie, monsieur le président.

M. SLOGAN : Monsieur Golding, avant d'attaquer d'autres questions, pourriez-vous nous dire si votre revue est la seule qui traite de science nucléaire au Canada ?

M. GOLDING : Plus précisément, je dirais que notre revue est la seule qui consacre régulièrement une section à la science nucléaire. A l'occasion, d'autres revues publient des articles sur le sujet.

M. SLOGAN : Pouvez-vous nous donner une idée du tirage de la revue *Modern Power and Engineering* ?

M. GOLDING : Nous avons un tirage de 10.500.

M. SLOGAN : Surtout dans les milieux scientifiques, si je comprends bien. Je suppose que vous avez pu examiner les témoignages qui ont été présentés au Comité jusqu'ici. Je sais qu'en plusieurs occasions dans le passé, comme vous l'avez dit d'ailleurs, vous avez cru qu'il était à souhaiter de faire enquête sur notre ligne de conduite en matière d'énergie nucléaire. Aimerez-vous à vous prononcer sur ce qui s'est passé et nous dire si, d'après vous, le Comité remplit les fonctions que vous aviez en vue en parlant d'enquête au sujet de l'énergie nucléaire au Canada ?

M. GOLDING : Je pense que le Comité remplit son rôle de façon excellente, monsieur le président.

M. SLOGAN : Je veux vous poser certaines questions, surtout à propos de vos éditoriaux. Laissez-moi, d'abord, faire l'éloge de votre revue en ce qui regarde les articles scientifiques qu'on y publie. Ils sont bien instructifs. En une occasion, en février 1959, je crois, vous avez dit et je cite :

« Une enquête que j'ai poursuivie personnellement aux États-Unis et en Angleterre a révélé que la ligne de conduite actuelle du gouvernement est encore, à peu de chose près, un échec. »

Étant donné ce qui s'est passé au Comité, avez-vous changé d'opinion là-dessus depuis 1959 ?

M. GOLDING : Vous me reportez bien loin en arrière, monsieur.

M. SLOGAN : Je vais vous poser la question autrement. A votre avis, depuis 1959, a-t-on réalisé des progrès assez importants à l'A.E.C.L. pour vous faire changer d'opinion ?

M. GOLDING : Il ne fait aucun doute qu'il y a eu progrès à l'A.E.C.L. à un point de vue, monsieur. Mais si ce n'est des témoignages qu'on a présentés au Comité et où je décèle un certain changement, je dois encore admettre que le progrès accompli est aussi inégal qu'il l'était il y a deux ans.

M. SLOGAN : A votre point de vue personnel, dans quelle mesure avez-vous eu la collaboration des autorités de Chalk River pour votre revue, j'entends pour ce qui est des renseignements qu'elles ont mis à votre disposition ?

M. GOLDING : Dès le tout début, nous avons établi d'excellentes relations avec Chalk River, monsieur, et comme je l'ai donné à entendre dans plusieurs éditoriaux—qui datent d'un peu plus loin que ce que vous avez là—les autorités de Chalk River ont grandement collaboré avec nous. Plusieurs fois, nous avons saisi l'occasion de les en remercier. Certaines critiques que nous avons publiées nous ont bien causé un peu d'embarras mais, à la suite de nos pourparlers, tout semble être rentré dans l'ordre depuis deux mois.

M. SLOGAN : Dans un de vos éditoriaux vous avez exprimé certaines critiques au sujet du réacteur indien. Si je ne me trompe, vous avez émis l'opinion que nous avons jeté les Indiens dans les bras des Russes. Quand les Indiens ont accepté le réacteur des Russes, ne l'ont-ils pas fait dans les mêmes conditions que lorsqu'ils ont accepté notre aide ? A mon avis, l'Inde est un pays neutre et ses relations avec l'Union soviétique ne sont peut-être pas aussi étroites qu'avec nous, mais ce pays est bien prêt à accepter toute assistance qui lui est offerte. Pensez-vous vraiment que nous avons jeté les Indiens dans les bras des Russes ou devons-nous penser que la façon d'agir des Indiens, en l'occurrence, est tout à fait normale et acceptable ?

M. GOLDING : Je me demande si je connais suffisamment le point de vue de la Russie à ce propos pour faire une comparaison. De fait, je n'en connais pas grand chose. Si je me suis formé l'opinion que vous dites, c'est que j'ai eu l'occasion de parler à quelques Indiens qui ne semblent pas avoir gardé un trop bon souvenir des relations qu'ils ont eues au sujet du réacteur canado-indien.

M. SLOGAN : Comme le réacteur canado-indien a maintenant été commandé, votre critique vous semble-t-elle encore fondée ? Je vous aiderai à répondre

en vous citant un extrait de l'article intitulé *Nuclear Canada* qui a paru dans le numéro d'octobre 1960 de la revue *Nucleonics* :

« Le programme canadien à l'égard de l'énergie atomique a pris une telle ampleur qu'il dépasse les frontières du pays. La valeur en est bien reconnue par les ingénieurs et savants américains qui sont venus à Chalk River pour tirer avantage des merveilleuses possibilités qu'offrent les réacteurs de recherches NRX et NRU.

Les savants indiens ont eux aussi reconnu l'importance des travaux accomplis au Canada quand, récemment, de concert avec leurs collègues canadiens, ils ont amené au stade critique le réacteur canado-indien et qu'ils ont amélioré le réacteur de type NRX que les deux pays ont construit conjointement à Bombay. »

Contrairement à ce que vous avez dit, il semble, d'après cet extrait, que les savants indiens sont assez satisfaits des progrès accomplis. Avez-vous entendu dire le contraire ?

M. GOLDING : Non, monsieur.

Le PRÉSIDENT : Voulez-vous nous faire part de ce que M. Golding a dit dans son éditorial, monsieur Slogan ? Je ne pense pas que nous puissions établir de comparaison autrement.

M. SLOGAN : J'essaie de trouver un extrait. Je vous lis une déclaration tirée d'un éditorial :

« Plutôt que de resserrer nos liens d'amitié avec l'Inde nous l'avons jetée dans les bras de la Russie. »

Je devrais vous en lire plus long. Ça peut induire en erreur que de prendre une seule phrase à la fois.

Le PRÉSIDENT : A quand cette déclaration remonte-t-elle ?

M. SLOGAN : Elle est tirée de l'éditorial du numéro de mars 1960.

« Pour la moyenne des Canadiens, si l'Inde a eu recours à la Russie quand il s'est agi de se procurer un nouveau réacteur, c'est probablement dans le cours normal des choses. Cependant, ceux qui connaissent le fond de l'histoire pourront penser que le Canada et les relations entre l'Inde et le monde occidental ont été bien mal servis par ceux qui sont responsables du rôle qu'a joué le Canada dans le projet de Bombay. »

Et puis vient l'autre phrase :

« Plutôt que de resserrer nos liens d'amitié avec l'Inde, nous l'avons jetée dans les bras de la Russie ».

Voulez-vous impliquer dans cette affaire le personnel que nous avons envoyé en Inde ?

M. GOLDING : Monsieur Slogan, tout ceci m'a été rapporté par un autre témoin qui doit paraître au Comité. J'ai contrôlé sa version de l'affaire auprès des journaux et de trois différents témoins et j'ai trouvé que c'était un témoin digne de foi. Il vaut mieux que je vous laisse en discuter avec lui.

M. SLOGAN : Personnellement, avez-vous eu affaire à un de ces savants indiens qui ont travaillé au réacteur ou qui sont venus à Chalk River ?

M. GOLDING : Non, pas avec les savants eux-mêmes mais plutôt avec des gens qui ont travaillé au réacteur.

Le PRÉSIDENT : S'agit-il d'un témoin qui n'a pas encore paru au Comité ? Est-ce M. Bleackley ? M. Bleackley est-il ingénieur ?

M. GOLDING : Oui.

M. SLOGAN : A la suite d'une question que j'ai posée à M. Gray, il me semble que les nations de l'Ouest ont échangé assez librement leurs renseignements et leurs découvertes dans le domaine nucléaire. Il me semble que, d'après notre ligne de conduite au Canada nous devons orienter nos travaux de recherches et

d'exploitation de manière à les adapter le mieux possible au pays, à nos ressources et aussi à notre façon d'envisager les possibilités sur le marché mondial. Tous les autres pays s'intéressent très vivement aux progrès réalisés au Canada et il ne fait aucun doute que le gouvernement canadien a dépensé des sommes énormes pour les recherches et l'exploitation dans le domaine nucléaire. Mais le Canada s'est aussi lancé dans des impasses que d'autres pays pourront éviter, en bénéficiant de notre expérience, et peut-être sommes-nous dans la même situation pour ce qui regarde les autres réacteurs. Je sais que M. Gray a exprimé l'opinion que Chalk River domine toutes les réalisations dans le domaine nucléaire et qu'on y garde l'œil bien ouvert sur les améliorations et les changements à apporter aux réacteurs canadiens. En tenant compte de cela et des sommes d'argent considérables qu'on dépense actuellement au Canada pour des réacteurs nucléaires, tout en considérant le nombre relativement restreint de réacteurs que nous pouvons utiliser à des fins économiques, croyez-vous que nous ayons raison d'étudier à fond, de mettre au point et même de construire d'autres types de réacteurs à l'heure actuelle ?

M. GOLDING : Je dois vous répondre que oui, monsieur.

M. SLOGAN : Vous n'approuvez donc pas notre ligne de conduite actuelle ?

M. GOLDING : Je suis d'avis que l'on doit encourager l'emploi de l'eau lourde dans la mesure du possible, parce que cela peut donner des résultats exceptionnels.

M. SLOGAN : Si on se lançait dans la production de nouveaux réacteurs comme vous l'avez proposé, est-ce que cela n'entraînerait pas des dépenses additionnelles assez considérables ?

M. GOLDING : C'est bien ce que je pense.

M. SLOGAN : Croyez-vous que le public canadien serait de votre opinion là-dessus ? Étant donné la mise en valeur au Canada de ce qui semble être un excellent prototype de réacteur, quelle pourrait être la réaction du public ?

M. NUGENT : Ce n'est pas tout à fait juste envers le témoin que de lui poser une telle question, monsieur le président.

Le PRÉSIDENT : Vous pourriez demander à M. Golding de répondre à votre question en tant qu'homme de science ou ingénieur s'il n'y voit pas d'objection.

M. SLOGAN : Je ne fais que lui demander son opinion.

Le PRÉSIDENT : Vous lui demandez plutôt d'exprimer l'opinion du public canadien.

M. BEST : M. Golding pourrait peut-être répondre de façon un peu plus précise à la question de M. Slogan.

M. SLOGAN : Je vais poser ma question en d'autres termes. Dans un de vos articles, vous avez dit, je crois, qu'à votre avis, en comparaison du Canada, l'Angleterre et les États-Unis dépensent des sommes très considérables pour réaliser leurs programmes en matière de réacteurs nucléaires, et cependant, l'autre jour, M. Gray nous a dit que le coût par personne de la production d'armements au Canada est relativement le même qu'aux États-Unis. Combien coûterait, d'après vous, le genre de programme que vous proposez ?

M. BEST : A ses différents stades.

M. GOLDING : Précisément, la question du coût se pose pour les divers stades du programme. J'ai discuté de la question avec bien des gens et chacun d'entre nous pourrait probablement vous dire comment nous aimerions voir se réaliser le premier stade. A ce point, les problèmes se posent et c'est dans la mesure où l'on pourra les résoudre que l'on passera au second stade du programme.

Je pourrais vous expliquer comment je conçois la mise en œuvre de tout ce programme, mais, quand il s'agit de déterminer les sommes que cela représente, je dois dire que cela dépend de la façon où il faudrait aborder le second

ou le troisième stade. C'est là, monsieur le président, une des difficultés à estimer le coût. Nous avons étudié les dépenses que représente un tel programme; nous avons étudié ce qu'il en coûte, relativement parlant, aux États-Unis et à l'Angleterre et je pense que M. Davis vous en apprendra plus long à ce sujet quand il paraîtra devant le Comité.

Notre grande préoccupation c'est que nous n'avons au pays aucune autorité indépendante et désintéressée à laquelle nous pourrions avoir recours en disant : « Veuillez faire pour nous certaines comparaisons de façon désintéressée. » Nos orateurs nous causent aussi du souci, quand ils se mêlent de parler d'un service administratif, comme la Commission de contrôle de l'énergie atomique, et qu'ils le présentent sous un nouveau jour avec peut-être un expert en eau lourde, un autre en eau ordinaire et une couple d'autres, si vous voulez, selon l'idée que vous vous faites de ce qui représente vraiment les plus grands progrès de notre temps. Il n'y a donc pas seulement nous qui pourrions avoir recours à cette autorité indépendante dont je viens de parler, mais encore nos orateurs qui ont à exprimer des opinions, par exemple à l'Association canadienne des électriciens. Ils seraient assurés d'obtenir d'un tel organisme un exposé complet et impartial des faits et des chiffres. A l'heure actuelle, nous ne savons où nous adresser.

M. SLOGAN : J'aimerais revenir à ma première question. S'il en coûte relativement le même montant par personne au Canada et aux États-Unis pour leurs programmes en matière de réacteurs nucléaires, croyez-vous que le Canada doit en dépenser deux fois autant pour la mise en œuvre du programme que vous envisagez ?

M. GOLDING : Nous avons fait certains calculs à ce propos. Je me rappelle assez bien les chiffres pour vous les citer. Nous avons calculé les dépenses pour l'année 1958 et nous avons pu comparer nos chiffres à ceux de M. Gray lors d'un colloque tenu à Chalk River aux fins de se renseigner. Ce devait être à l'été 1959, je crois. Les chiffres de M. Gray correspondaient grandement aux nôtres, à quelque 200 millions de dollars près—une somme minime quand il s'agit de chiffres d'une telle importance. Pour ce qui regarde les sommes engagées aux États-Unis, nous en avons divisé le chiffre par dix pour tenir compte de la différence de population, et c'est sur cela que nous nous sommes basés.

M. SLOGAN : Avez-vous pu calculer séparément le coût des recherches en matière d'armement ?

M. GOLDING : Oui, nous avons essayé de déduire les dépenses relatives à l'armement et les dépenses en immobilisations parce qu'elles augmentent tellement le chiffre des dépenses pour tout le programme. Mais, sans trop me tromper, les États-Unis dépenseraient, par personne, environ cinq fois autant que nous.

M. BEST : Vous vous rendez compte que j'ai interrogé M. Gray à ce sujet l'autre jour et il avait l'impression que nous dépensions à peu près le même montant par personne en se basant sur nos prévisions, soit environ 39 millions de dollars cette année pour l'*Atomic Energy of Canada*—mettons au bas mot 20 ou 25 millions de dollars sans compter les dépenses en immobilisations. C'est un chiffre approximatif. Il considère que les États-Unis dépensent 300 millions de dollars dans le même domaine.

M. GOLDING : Monsieur le président, nous nous heurtons tous à cette difficulté-là dans le journalisme. Comme je vous le disais, nous avons comparé nos chiffres pour l'année 1958 à ceux de M. Gray et nous avons constaté qu'ils correspondaient. Nous avons fait des calculs et voilà le résultat. Une autre fois, s'il arrivait que nous ayons un rapport de la publication *Nucleonics* aux États-Unis où l'on couperait les dépenses du Canada, la situation serait toute différente. Je le répète, nous ne savons où nous enquérir pour savoir ce qu'il y a de vrai dans tout cela. Il n'y a personne qui ait des idées justes et sur qui nous puissions compter.

M. SLOGAN : Vous considérez-vous comme un groupe indépendant, puisque vous ne faites pas partie de l'administration fédérale ? Pensez-vous que votre revue serait ce que vous appelleriez une autorité indépendante à cet égard, parce que vous n'avez aucun rapport avec le gouvernement ou avec l'industrie ?

M. GOLDING : Nous sommes indépendants mais non pas des experts.

M. SLOGAN : Dans votre éditorial de janvier 1959 vous avez encore déclaré ce qui suit :

« Tandis que certains établissements canadiens annoncent qu'ils ne veulent plus participer aux recherches dans le domaine nucléaire, ce qu'on pourrait sûrement considérer comme un mouvement rétrograde pour le pays, on nous fait remarquer que nos voisins du sud adoptent à ce sujet une politique opportuniste. »

D'après vous, est-ce que la situation a changé depuis janvier 1959, en ce qui concerne l'attitude de l'industrie à l'égard de notre programme de mise au point des réacteurs ?

M. GOLDING : Vous voulez parler de l'industrie canadienne ?

M. SLOGAN : Oui, c'est bien cela.

M. GOLDING : Eh bien ! Non, monsieur, d'après moi, la situation n'a pas changé.

M. SLOGAN : Pensez-vous que l'industrie est plus intéressée maintenant à notre programme de mise au point qu'elle l'était en 1959 ?

M. GOLDING : Je le crois. On a l'impression que l'industrie veut participer aux recherches dans le domaine nucléaire ce qui offre de grandes possibilités, à notre avis. Je crois que M. Gray aimerait voir l'industrie y prendre une plus grande part.

M. SLOGAN : Pouvez-vous nous citer des cas où des compagnies canadiennes ont laissé savoir qu'elles ne voulaient plus participer aux travaux dans le domaine nucléaire ?

M. GOLDING : Oui, monsieur. Air-Canada a formé une équipe de techniciens dont les aptitudes de dessinateurs ont servi à tracer les plans d'un réacteur du genre piscine pour l'entreprise de Chalk River. En second lieu, l'équipe a travaillé à un spectromètre de masses. Enfin, elle a travaillé à un troisième appareil nucléaire, mais j'oublie ce que c'était. Puis, comme on ne prévoyait pas avoir d'autres travaux à exécuter, l'équipe a été dissoute.

M. SLOGAN : Pensez-vous que les filiales canadiennes de sociétés étrangères sont empêchées de quelque façon par leur société-mère d'effectuer, au Canada, des travaux de recherches qu'ils poursuivraient autrement ?

M. GOLDING : Oui, monsieur. Nous en avons nettement l'impression—sans dire que nous en avons des preuves, cependant.

M. SLOGAN : Sans nommer aucune compagnie, pouvez-vous nous citer un exemple quelconque dont vous auriez eu connaissance ?

M. GOLDING : Oui, je pense à un cas mais je ne me rappelle pas très bien les circonstances. Il était question de petites turbines qui étaient fabriquées aux États-Unis et en Angleterre et qu'on voulait fabriquer au Canada. Depuis ce temps, nous en avons fabriqué au Canada. Je ne me rappelle pas les pourparlers au cours desquels on avait trouvé ces turbines désavantageuses. On a finalement passé outre à cette première décision et on a commencé à les fabriquer au Canada.

M. SLOGAN : A votre avis, les compagnies entièrement canadiennes sont-elles désavantagées en comparaison des filiales d'autres compagnies pour la bonne raison que les filiales de compagnies étrangères au Canada peuvent se voir accorder en sous-contrat, par leur compagnie-mère, des projets de recherches qui leur permettent de garder au Canada une équipe de chercheurs pendant les

périodes où les contrats sont rares, tandis que les compagnies canadiennes du même genre n'ont pas cet avantage ?

M. GOLDING : Je ne suis vraiment pas renseigné là-dessus. Je n'ai tout simplement jamais songé à cet aspect particulier de la question, et je ne me suis jamais prononcé sur ce point.

M. SLOGAN : Hier, M. McRae a donné à entendre que, si sa compagnie a pu garder un effectif de techniciens engagés à des travaux de recherches, c'est dû à l'aide que leur a apportée la *General Electric* des États-Unis en leur donnant des sous-contrats en fait de travaux de recherches. Si l'on considère ces deux situations, soit que certaines compagnies mettent obstacle aux travaux de recherches au Canada et que d'autres les encouragent, à tout prendre, croyez-vous qu'au Canada les compagnies filiales nuisent au progrès des recherches ou qu'elles y contribuent ?

M. GOLDING : Je pense que les recherches en souffrent.

M. BEST : Dans le même ordre d'idées, nous croyons que les industries devraient poursuivre plus de travaux de recherches au Canada. Naturellement, cela n'est pas toujours bien facile à s'imaginer. Selon vous, en quoi le gouvernement pourrait-il encourager les industries du Canada, notamment les compagnies filiales, à participer dans une plus grande mesure aux travaux de recherches ?

M. GOLDING : Voulez-vous parler du domaine nucléaire proprement dit ?

M. BEST : Je veux exactement parler de recherches dans le domaine nucléaire. Y a-t-il d'autres mesures précises que nous pourrions prendre ?

M. GOLDING : A mon avis, monsieur, la première chose à faire c'est de vous enquérir auprès des compagnies elles-mêmes de leurs divers points de vue. Elles ont leur point de vue là-dessus et je suis pas mal convaincu qu'elles se prêteraient de bon gré à votre enquête. Je ne suis pas en mesure de vous dire si, oui ou non, ce point de vue est officiellement reconnu par les compagnies-mères américaines, mais on m'en a certainement fait part. Ici encore, tout comme pour la participation de l'industrie aux recherches nucléaires, la première chose à faire serait, à mon avis, de réunir les compagnies pour s'enquérir de leurs problèmes réels et de leur point de vue.

M. BEST : Croyez-vous que la Canadian Nuclear Association aide à atteindre ce but. M. McRae nous a dit hier qu'on était à recueillir des renseignements à ce propos.

M. GOLDING : Si le travail de l'association est bien dirigé, cela va grandement aider.

M. SLOGAN : Si je ne me trompe, vous avez dit en une occasion, qu'à votre avis, les autorités de Chalk River ne se tenaient pas vraiment au courant de tous les progrès et que, s'il en avait été autrement, M. Winnett Boyd aurait probablement trouvé un acheteur au Canada pour son réacteur plutôt que d'avoir eu à le vendre aux États-Unis. Pensez-vous que le réacteur de M. Winnett Boyd était d'une telle valeur que l'entreprise de Chalk River aurait dû l'acheter plutôt que de le laisser passer aux mains des Américains ?

Le PRÉSIDENT : Monsieur Slogan, il me semble que vous ne devriez pas demander au témoin s'il croit que l'entreprise de Chalk River aurait dû l'acheter. Vous pourriez plutôt lui demander s'il pense que les autorités de Chalk River auraient dû s'enquérir de la valeur du réacteur.

M. SLOGAN : Si je me rappelle bien, elles l'ont fait.

Le PRÉSIDENT : Vous pouvez interroger le témoin tant que vous voudrez à ce sujet, mais il n'est pas censé interpréter les vœux ou la ligne de conduite des autorités de Chalk River.

M. SLOGAN : Mais non. Je demande à M. Golding si, selon lui, c'était une erreur de jugement que de laisser ce réacteur passer en d'autres mains ou de ne pas le garder sous le contrôle du gouvernement canadien.

M. STEWART : Pourquoi ne pas demander au témoin si l'appareil ou le réacteur était satisfaisant, au point de vue pratique ?

Le PRÉSIDENT : Je pense que M. Slogan et vous, M. Stewart, êtes sur la bonne piste. Avez-vous quelque chose à dire à ce propos, monsieur Golding ?

M. GOLDING : Tout d'abord, je ne puis rien vous dire au sujet de la méthode de refroidissement au gaz. Je ne suis pas un expert en ce domaine. J'ai la ferme conviction que c'est bien le réacteur qu'on pourra mettre au point comme réacteur à haute température qui sera finalement le plus utile à l'humanité en général.

M. BEST : D'après vous, c'est nécessairement à cela qu'il faut en venir avec n'importe quel type de réacteur en fin de compte.

M. GOLDING : On peut établir en cela certaines comparaisons avec la chaudière dans le domaine de la mécanique. Ce serait assez long à expliquer mais vous pouvez vous imaginer comment on a perfectionné la chaudière à faible coefficient de rendement, les sommes impliquées dans les dépenses en immobilisations et dans les dépenses productrices de revenu et, graduellement, vous avez une idée de la façon dont le rendement augmente. Dans la mise au point des réacteurs nucléaires, si l'on doit se guider d'après le même principe que dans le cas des machines ordinaires, alors il faut toujours viser à de hautes températures, quel que soit le chiffre des dépenses ou du rendement au début.

M. BEST : Est-ce que le réacteur actuellement en service à Chalk River ne satisfait pas aux exigences dont vous parlez ?

M. GOLDING : Je n'ai pas pu trouver un expert ou un dessinateur qui en soit convaincu.

M. NUGENT : Nous vous avons entendu faire l'exposé de votre expérience, mais je ne crois pas qu'il y soit question où que ce soit d'expérience en génie nucléaire.

M. GOLDING : C'est exact, monsieur, je n'ai aucune expérience en ce domaine.

M. NUGENT : Avez-vous jamais travaillé de quelque façon à des installations nucléaires ?

M. GOLDING : Non, monsieur.

M. NUGENT : Vous n'avez donc aucune expérience qui se rapporte directement à l'énergie nucléaire ?

M. GOLDING : Non, monsieur.

M. NUGENT : Quand vous nous avez été présenté par M. Craig, dans l'apologie qu'il a faite de vous, il a dit que vous n'offriez pas de renseignements de première main dans vos éditoriaux—ils seraient donc tous basés sur des simples oui-dire.

M. GOLDING : C'est bien cela.

M. NUGENT : Aucun membre de votre personnel n'a donc de l'expérience dans le domaine nucléaire ?

M. GOLDING : Non, monsieur.

M. NUGENT : Il y a maintenant environ huit ans que vous n'avez pas pratiqué comme ingénieur. Depuis lors, n'avez-vous fait qu'écrire des éditoriaux ?

M. GOLDING : J'ai aussi circulé dans mon milieu, naturellement.

M. NUGENT : N'avez-vous pas eu, parmi votre personnel, d'autres ingénieurs praticiens pour vous conseiller ?

M. GOLDING : Oui, monsieur.

M. NUGENT : Combien ?

M. GOLDING : Un seul, monsieur.

M. NUGENT : Est-ce que la revue l'occupe à plein temps ou bien travaille-t-il comme ingénieur une partie du temps ?

M. GOLDING : Je regrette, mais je n'ai pas compris la question que vous me posiez tantôt quand vous avez parlé d'ingénieurs qui feraient partie du personnel de la revue. Nous avons un homme qui est encore employé dans l'industrie et qui agit comme notre rédacteur-conseil en génie, plus précisément dans les domaines des appareils à vapeur et des machines; et puis un autre qui a cessé de pratiquer sa profession il y a environ 15 mois.

M. NUGENT : Serait-il juste de dire que votre expérience et vos connaissances techniques portent entièrement sur les usages qu'on peut faire de l'énergie produite par une centrale d'énergie nucléaire mais que tout le système commence bien avant cela ?

M. GOLDING : Oui.

M. NUGENT : Souvent, les articles de fond que vous rédigez traitent de la production d'énergie que, d'après votre expérience, vous pourriez mettre à profit, cependant, votre expérience pratique ne vous aide aucunement quand il s'agit pour vous de juger de la valeur des appareils dont vous parlez dans ces mêmes articles.

M. GOLDING : Seulement en ce qui concerne le rendement, je dirais oui.

M. NUGENT : Je m'étonne de ce que vous ayez dit dans votre déclaration n'avoir pas de renseignements de première main. Vous avez encore dit, en réponse à une question de M. Slogan, que nous ne dépensions pas assez dans le domaine nucléaire et voilà que vous devez envisager l'opinion de monsieur Gray voulant que nous dépensions dollar pour dollar avec les États-Unis. A ce point, vous avez dit : « Nous ne savons pas à qui nous adresser pour établir les faits avec exactitude ». Est-ce bien cela ?

M. GOLDING : Oui, monsieur.

M. NUGENT : Je veux simplement m'assurer à quel point ces articles de fond sont basés sur des connaissances techniques. Vous n'avez pas vous-même de formation professionnelle ou d'expérience en matière d'énergie nucléaire; votre personnel ne l'a pas non plus et, selon vous, il n'existe au Canada aucune autorité qui puisse vous fournir des données dignes de foi. Est-ce exact ?

M. GOLDING : C'est bien vrai.

M. BEST : Je m'oppose à la façon dont M. Nugent interroge le témoin parce qu'elle donne lieu à certaines insinuations. Après tout, nous avons affaire à un ingénieur. Jusqu'à un certain point, il faut admettre que tous les ingénieurs ont des connaissances de base qui sont les mêmes, qu'ils aient ou non une vaste expérience dans le domaine nucléaire.

Le PRÉSIDENT : Oui, je suis d'accord.

M. BEST : Comme M. Golding le faisait remarquer, ce sont en grande partie des hommes de la profession qui achètent sa revue. Il est à supposer qu'il obtient ses renseignements d'experts et, de fait, c'est ce qu'il a donné à entendre. Je voulais consigner cela au compte rendu.

Le PRÉSIDENT : Selon M. Golding, le tirage de sa revue dépasse les 10,000 exemplaires.

M. STEWART : A mon avis, c'est une preuve de la valeur de la publication.

M. LAURENCE : M'est-il permis de demander combien elle compte d'abonnés payants ?

Le PRÉSIDENT : Je ne sais pas si le témoin est en mesure de vous répondre là-dessus. M. Craig pourrait peut-être le faire. M. Golding, lui, est dans le domaine technique.

M. CRAIG : Au Canada, c'est ce qu'on appelle le tirage vérifié qui détermine en grande partie le tirage proprement dit. Nous avons bien un certain nombre d'abonnés payants, mais il s'agit surtout de tirage vérifié. Nous trions sur le volet des gens de la profession à qui nous croyons devoir envoyer la publication.

Le PRÉSIDENT : Y en a-t-il des exemplaires qui vous sont retournés ?

M. CRAIG : Il n'y en a pas un dixième de un pour cent.

M. NUGENT : Je veux simplement satisfaire ma curiosité sur un point. Ce sera tout à l'avantage de M. Golding comme au mien sûrement. Depuis que nous avons commencé à interroger M. Golding, je ne vois vraiment pas à quoi sert au Comité de lui demander son opinion, à moins que nous sachions où il puise ses renseignements pour être en mesure de juger par nous-mêmes quelle importance y attacher. Jusqu'à présent, on n'a certainement rien dit de M. Golding au Comité qui le qualifie pour témoigner à titre d'expert en quoi que ce soit. Il nous a dit lui-même qu'il n'est pas un expert en la matière et j'ai pensé qu'en l'interrogeant nous pourrions savoir en quoi il s'y entend ou qui sont les experts et précisément quelle est l'expérience des gens qu'il consulte.

M. STEWART : Je ne crois pas que le témoin se soit jamais donné comme expert dans le domaine nucléaire.

Le PRÉSIDENT : C'est juste.

M. BEST : D'après moi, on peut dire la même chose quand il s'agit de légiférer en matière d'énergie nucléaire.

M. SLOGAN : Laissez-moi vous faire remarquer qu'à l'égard de son programme en matière d'énergie nucléaire, nous allons faire au gouvernement des recommandations qui pourraient fort bien influencer sur le progrès de la science nucléaire au Canada, et, cependant, nous sommes bien moins versés en cette science que ne l'est M. Golding; je dirai même que nous jugeons tous nos recommandations et nos opinions dignes d'être adoptées par l'*Atomic Energy*.

M. DRYSDALE : A mon avis, nous devrions permettre à M. Nugent de continuer à interroger le témoin dans le même ordre d'idées et ensuite, si certains membres du Comité veulent passer leurs commentaires, ils seront libres de le faire.

Le PRÉSIDENT : Nous reconnaissons tous, comme vous, monsieur Nugent, que le témoin est ingénieur.

M. DRYSDALE : Je pense que M. Nugent s'en rend bien compte aussi, ses questions visent à un certain ordre d'idées et nous devrions lui permettre de les poser de façon consécutive.

M. NUGENT : J'espère bien, monsieur Golding, que je ne vous ai pas posé de questions de manière à laisser entendre que vous êtes un expert en génie nucléaire, mais je pense que si nous avions une idée de vos sources de renseignements, cela nous aiderait un peu. Vous employez, dites-vous, à temps partiel du moins, un ingénieur-conseil ayant de l'expérience dans la technique de la vapeur.

M. GOLDING : C'est exact.

M. NUGENT : Parmi votre personnel, vous n'avez pas d'ingénieur-conseil en énergie nucléaire qui soit rémunéré ?

M. GOLDING : Non, monsieur.

M. NUGENT : D'après ce que vous avez dit, dois-je conclure que vous avez consacré beaucoup de votre temps avec toutes sortes d'ingénieurs pour essayer d'obtenir des renseignements ?

M. GOLDING : C'est juste, monsieur.

M. NUGENT : Serait-il juste de supposer que vous avez certains amis parmi les ingénieurs sur lesquels vous pouvez compter, ou que vous avez l'occasion d'en apprendre beaucoup plus de certains d'entre eux que d'autres ?

M. GOLDING : Nous ne pouvons atteindre qu'un petit nombre d'ingénieurs, mais nous essayons de circuler sans cesse dans divers milieux.

M. NUGENT : Vos bureaux sont situés à Toronto ?

M. GOLDING : Oui, à Toronto.

M. NUGENT : Je me demande s'il y a des petits groupes particuliers d'ingénieurs que vous voyez assez souvent, que vous comptez parmi vos amis intimes, qui vous renseignent habituellement et sur lesquels vous êtes habitué de compter le plus souvent ?

M. GOLDING : Non, monsieur. Je ne compte pas sur l'avis des autres. J'ai bien des amis parmi les ingénieurs, mais je ne me fie pas à leur opinion. Je tire mes propres conclusions.

M. NUGENT : Vous avez établi un parallèle entre le rôle de l'*Atomic Energy of Canada Limited* par rapport à l'industrie privée dans le domaine nucléaire et celui de la Commission des transports par rapport aux Chemins de fer Nationaux du Canada qui dirigent leur propre entreprise de transport. A mon intention, pourriez-vous nous donner votre avis sur le rôle de la Commission de contrôle de l'énergie atomique, nous dire quelles sont ses fonctions ?

M. GOLDING : Je dirais que c'est un organisme investi d'un pouvoir de réglementation et d'autorisation.

M. NUGENT : Et quelles sont les fonctions de l'*Atomic Energy of Canada Limited* ?

M. GOLDING : C'est un groupe consacré aux travaux de recherches.

M. NUGENT : Quand vous avez établi votre parallèle, vouliez-vous accuser, —si je puis employer cette expression,—la Commission de contrôle de l'énergie atomique ou l'*Atomic Energy of Canada Limited* d'outrepasser ses pouvoirs ?

M. GOLDING : Non, monsieur. Je n'ai pas dit cela.

M. NUGENT : Je conclus qu'en établissant votre parallèle vous voulez comparer la situation qui existe actuellement dans le domaine nucléaire à celle de la Société Radio-Canada ou des Chemins de fer Nationaux du Canada qui étaient des organismes de réglementation ayant aussi à faire face à la concurrence.

M. GOLDING : Je ne crois pas que ce soit une question d'autorité, il s'agit plutôt, d'après moi, d'un conflit d'intérêts.

M. NUGENT : Dans quel organisme y a-t-il opposition d'intérêts ? Est-ce à l'*Atomic Energy of Canada Limited* ?

M. GOLDING : Si l'*Atomic Energy of Canada Limited* a pour fonction de créer un réacteur et que cet organisme doit ensuite se prononcer sur la valeur de ce même réacteur, je pense qu'il y a là conflit d'intérêts.

M. NUGENT : J'essaie encore de voir où il y a opposition d'intérêts. Voulez-vous laisser entendre qu'on devrait instituer un organisme indépendant pour juger du succès et de la valeur des travaux purement scientifiques que poursuit l'*Atomic Energy of Canada Limited* ?

M. GOLDING : Exactement.

M. NUGENT : Je comprends. Vous n'avez pas voulu insinuer que les autorités de l'*Atomic Energy of Canada Limited* aient pu se laisser influencer dans leur jugement par le souci qu'elles prennent de leurs travaux et de leur réputation ?

M. GOLDING : Non, monsieur, absolument pas.

M. BEST : M. Golding nous a fait remarquer, en comparaison avec les Chemins de fer Nationaux du Canada, qu'en Angleterre on a récemment divisé en deux groupes les experts en matière d'énergie nucléaire, l'un consacré à la recherche et à l'exploitation, l'autre aux services techniques et aux contrats. Je ne suis pas très au courant mais je crois que M. Golding a pris cela comme un exemple de ce qu'on pourrait faire au Canada. Afin de pouvoir juger jusqu'à quel point votre revue s'est intéressée au domaine nucléaire au cours des der-

nières années, combien de pages avez-vous consacrées depuis cinq ou huit ans aux articles traitant de science nucléaire ?

M. GOLDING : Nous ne faisons que dépasser maintenant les 500 pages depuis que nous avons inauguré au début de 1955 ou 1956 cette section consacrée à la science nucléaire.

M. BEST : Durant cette période de temps, avez-vous eu beaucoup d'annonces se rapportant à l'énergie nucléaire, si vous pouvez en classer dans cette catégorie ?

M. GOLDING : Bien peu. On peut les compter sur les doigts de la main.

M. BEST : Voulez-vous parler du nombre de petites annonces ou de pages complètes ?

M. GOLDING : Je veux parler du nombre de pages. Il y en a eu moins de cinq.

M. BEST : En avez-vous eu de l'entreprise de Chalk River ou de l'*Atomic Energy of Canada Limited* ?

M. GOLDING : Je ne saurais vous dire, monsieur, je l'ignore. Je ne m'occupe pas directement d'annonces, et ce n'est qu'en feuilletant la revue que j'en ai pris connaissance. Je ne sais vraiment pas.

M. BEST : Autant que vous puissiez vous rappeler, pensez-vous que la compagnie a fourni de l'annonce à votre revue ?

M. GOLDING : Pas que je sache.

M. BEST : Parmi les 500 pages d'articles dont vous avez parlé, l'*Atomic Energy of Canada Limited* vous en a-t-elle fournis ? Vous a-t-elle fourni des articles que vous lui aviez demandés ou bien vous a-t-elle demandé de publier certains articles ?

M. GOLDING : Durant la période de temps qui nous occupe, nous en avons eu deux ou trois, monsieur. Dans un cas, l'article a bel et bien été écrit, non pas par un franc-tireur, mais par un membre du personnel qui nous l'a offert. Nous en avons nous-mêmes écrit plusieurs au sujet de visites que nous avons faites à Chalk River et je suis presque certain, sans pouvoir me rappeler au juste, que nous avons publié, en résumé des communications que l'*Atomic Energy of Canada Limited* a faites à des sociétés savantes.

M. BEST : On a mis cela à votre disposition quand vous avez visité Chalk River. Par question d'intérêt, vous avez parlé de vos voyages à Chalk River, même si vous ne travaillez pas directement dans le domaine nucléaire, êtes-vous allé plusieurs fois à Chalk River durant les six dernières années ?

M. GOLDING : Oui, c'est juste.

M. BEST : Combien de fois ?

M. GOLDING : Deux fois.

Le PRÉSIDENT : Monsieur Best, voulez-vous poursuivre votre interrogatoire sur la question et la réponse que vous venez de soulever—c'est-à-dire que plusieurs des articles de M. Golding ont été cités par des experts de Chalk River au cours de conférence ou de causeries ?

M. BEST : Plusieurs des articles de M. Golding ? Je disais précisément le contraire, monsieur le président. M. Golding s'est servi d'articles reproduits de conférences ou de communications en provenance des autorités de Chalk River. J'aime à croire que c'est la coutume d'obtenir la permission en pareil cas. Y a-t-il des membres du personnel de Chalk River qui ont écrit des articles expressément pour votre revue ?

M. GOLDING : A titre officiel ?

M. BEST : Oui.

M. GOLDING : Autant que je puisse me rappeler, non, monsieur.

M. BEST : Durant les six dernières années vous n'en avez pas eu ?

M. GOLDING : Non, monsieur.

M. BEST : Pouvez-vous expliquer pourquoi, parmi les 500 pages d'articles que vous avez publiés en six ans, vous n'avez pas eu d'articles signés de quelque fonctionnaire de Chalk River ?

M. GOLDING : Ma foi, monsieur, l'eau lourde ne représente qu'une bien faible partie de tout ce qui s'accomplit dans le monde en matière de science nucléaire et, à mon avis, nous avons consacré à l'eau lourde une publicité raisonnable en comparaison du vaste domaine où nous sommes lancés. Le génie nucléaire n'est pas une chose essentiellement canadienne, c'est une chose universelle et tout le monde est intéressé à ce qui se passe en ce domaine. Par exemple, nous avons récemment publié un article sur ce qui se fait en Suède. Je pense que nous avons accordé une juste part de publicité à l'eau lourde.

M. BEST : En d'autres termes, le domaine est très vaste et vous renseignez sur tout ce qui se passe dans le monde entier et non pas seulement au Canada ?

M. GOLDING : Exactement.

M. BEST : Cependant, votre revue est la seule publication commerciale canadienne à caractère technique qui consacre une section au génie nucléaire.

M. GOLDING : En effet.

M. BEST : C'est étrange que les autorités de Chalk River ne vous aient pas fourni d'articles sur le sujet qui les intéresse tout particulièrement.

M. GOLDING : Je ne puis me rappeler que nous ayions jamais eu un article écrit par un fonctionnaire de Chalk River et qui ait traité de son travail particulier. Nous en avons eu qui avaient été communiqués à des sociétés savantes, mais qui n'avaient pas été écrits expressément pour nous.

M. DRYSDALE : Monsieur Golding, si on en juge par les articles de fond que vous avez publiés au cours des années, vous avez critiqué l'*Atomic Energy of Canada Limited*. Quelles sont précisément les critiques que vous avez à lui adresser ?

M. GOLDING : Elles ne concernent sûrement pas le travail qu'elle poursuit. Nous aimons à penser que vers le début de 1958, si on y a entrepris de travailler à un nouveau réacteur, c'est un peu dû à nous. C'est ce réacteur dont nous avons parlé et que nous avons prôné dans nos colonnes. On a commencé à y travailler et il s'agissait bien du type même que nous favorisons. A notre avis, il fallait le construire.

M. DRYSDALE : Voulez-vous critiquer le programme actuel en matière de réacteurs nucléaires ?

M. GOLDING : Non, plutôt l'administration et la ligne de conduite.

M. DRYSDALE : Voulez-vous préciser ce que vous entendez par là ?

M. GOLDING : Je me suis souvent demandé à quoi nous pourrions nous attendre si nous demandions à M. Gray d'énumérer les fonctions qu'il doit remplir chaque jour. Après tout, nous avons nommé le personnel de Chalk River, nous lui avons demandé de prendre l'entreprise en mains, d'en faire un centre de recherches et de servir à toutes fins le Canada et le monde entier. Sur certains chapitres, M. Gray a vraiment une tâche énorme : ses fonctions sont bien diverses. Elles comprennent tout, commander de l'eau lourde, s'occuper de relations extérieures et le reste. Ce doit être un travail monstre et, à mon avis, M. Gray est trop chargé.

M. BEST : On a formé une équipe très compétente à Chalk River.

M. GOLDING : Je crois bien.

M. DRYSDALE : Je dois vous faire remarquer que l'*Atomic Energy of Canada Limited* s'occupe essentiellement de travaux de recherches. Avez-vous des critiques précises à formuler à cet égard ?

M. GOLDING : Seulement le manque de variété.

M. DRYSDALE : Que proposez-vous d'autre à faire ?

M. GOLDING : Est-ce que vous me demandez comment je voudrais voir poursuivre le programme en matière de réacteurs nucléaires ? Voulez-vous m'obliger à vous faire une recommandation ?

M. DRYSDALE : C'est bien cela. Vous avez formulé des critiques à l'adresse de l'*Atomic Energy of Canada Limited*. Je voudrais vous les faire préciser parce que, prises en général seulement, elles ne sont d'aucune utilité au Comité ou à l'*Atomic Energy of Canada*. Si vous avez des critiques précises à formuler, on pourra peut-être y apporter des raisons ou des réponses. Je veux tout simplement vous amener à nous faire connaître le sujet de vos critiques. Je ne crois pas, qu'en faisant cela, nous voulions critiquer l'*Atomic Energy of Canada Limited*, parce que cet organisme est limité dans ses ressources financières, mais je veux savoir ce qu'on pourrait accomplir de plus et nous aurions peut-être ensuite l'occasion d'apprendre des autorités de l'*Atomic Energy of Canada Limited* pourquoi elles ne font pas plus ou ne croient pas devoir faire plus qu'elles ne font actuellement.

M. GOLDING : J'aimerais voir parachever le plus vite possible le réacteur de démonstration NPD et le réacteur CANDU 1 et qu'on travaille à un type de réacteur autre que le CANDU 2.

M. DRYSDALE : Un type différent ?

M. GOLDING : Oui.

M. DRYSDALE : Avez-vous songé au type de réacteur que vous avez à proposer ?

M. GOLDING : Ce n'est pas mon domaine, monsieur. J'ai pensé que cela relevait du domaine des spécialistes jusqu'à ce qu'il me vienne une idée lors de la réunion d'experts en génie nucléaire qui s'est tenue la semaine dernière. Un certain M. White, venu de la Californie, nous a parlé du réacteur de type Dresden installé non loin de Chicago. J'étais allé le voir et je m'y intéressais beaucoup.

M. DRYSDALE : Quel genre de réacteur est-ce ?

M. GOLDING : C'est un réacteur à eau bouillante.

M. DRYSDALE : Et chauffé à l'uranium enrichi, je suppose.

M. GOLDING : C'est exact. A la fin de sa conférence, M. White a donné à entendre qu'on pourrait construire le réacteur du type Dresden au Canada, en employant la main-d'œuvre canadienne dans nos usines, et au moyen de fonds canadiens à 6.5 p. 100 par rapport à nos facteurs de charge. De fait, M. White a dit que, dans la construction de ce réacteur, on avait tenu compte le plus possible des normes canadiennes. Le chiffre définitif qu'il a établi, quant au rendement, était 4.58 millièmes d'après notre facteur de charge. Pendant deux jours, à la réunion, nous avons discuté et argumenté afin de savoir s'il fallait juger bon un rendement de 5 ou 6.9 millièmes de dollars. Franchement, on voulait un peu se payer notre tête, à mon avis.

M. DRYSDALE : Avez-vous une idée des chiffres comparatifs établis par la Commission d'énergie atomique des États-Unis pour la mise en opération de son réacteur Dresden ?

M. GOLDING : Il y en a tellement qui diffèrent.

M. DRYSDALE : Pouvez-vous nous donner une idée de la date qu'elle s'est fixée comme objectif ?

M. GOLDING : Le réacteur est déjà devenu critique. On a établi des chiffres de base.

M. BEST : Mais vous voulez parler du coût ?

M. DRYSDALE: Il s'agit de millièmes de dollars le kilowatt-heure. Vous avez parlé de 4.5 millièmes de dollars, si on le construisait au Canada. Le chiffre est-il le même aux États-Unis ?

M. GOLDING: Non. Il est plus élevé.

M. DRYSDALE: Les témoignages que nous avons tendent à démontrer qu'aucun réacteur générateur au monde n'a encore fonctionné assez longtemps pour en évaluer avec exactitude le facteur coût.

M. GOLDING: A mon avis, c'est peut-être vrai.

M. DRYSDALE: Jusqu'ici la seule proposition que vous puissiez faire en ce qui regarde les réacteurs, c'est qu'on devrait étudier le réacteur à eau bouillante et votre proposition s'inspire de l'exposé que vous en a fait M. White lors de la réunion dont vous avez parlé.

M. GOLDING: Permettez-moi de vous interrompre. J'aimerais faire une observation. Vous avez dit: «On devrait étudier». J'aimerais savoir qui devrait étudier le nouveau réacteur. C'est là notre grief. Il n'existe personne pour ce faire au Canada. Je ne veux pas donner à croire que les chiffres cités par M. White sont exacts ou erronés, je l'ignore. Il n'y a cependant personne au Canada à qui nous pourrions les présenter en lui demandant de bien vouloir les comparer aux données de *l'Atomic Energy of Canada Limited* et qui puisse nous donner une juste opinion.

M. LAURENCE: Qu'il me soit permis de faire une observation. J'ai en main un compte rendu de M. Frank K. Pittman, directeur de la division de la mise au point des réacteurs à la Commission d'énergie atomique des États-Unis. Comme vous le savez, M. Pittman dirige le programme américain et la mise au point des réacteurs. C'est un discours où il a exposé certains projets américains à cet égard.

LE PRÉSIDENT: A quelle date a-t-il prononcé ce discours ?

M. LAURENCE: C'est le 3 novembre 1959. Dans son discours il a dit,

« Nous avons calculé qu'une centrale à double cycle d'une puissance de 300 mégawatts d'électricité » —

M. Pittman veut parler du réacteur de type Dresden

« peut être construite, d'après les principes de la technique moderne, en vue de produire de l'énergie à un coût global de 9.61 millièmes de dollars le kilowatt-heure. Ce chiffre comprend 5.26 millièmes pour les frais de premier établissement, 3.47 millièmes pour les transformations cycliques du combustible et 0.88 millièmes pour l'exploitation, l'entretien et les assurances ».

Je veux attirer l'attention du Comité sur les 3.47 millièmes pour les transformations cycliques du combustible.

M. DRYSDALE: Si vous étiez assez bon de lire le paragraphe suivant, cela nous aiderait peut-être.

M. LAURENCE:

« Le coefficient des frais de premier établissement de cette centrale pourrait être réduit en simplifiant le plan de façon à éliminer les gros surchauffeurs et les échangeurs thermiques, en augmentant la puissance spécifique de 28 kilowatts à 50 kilowatts pour chaque litre du noyau central et en faisant des modifications au plan de l'appareil de confinement de la vapeur. En tout, ces modifications pourraient réduire les frais d'établissement de 0.95 millièmes le kilowatt-heure, c'est-à-dire que cette partie constituante du coût total de la « centrale potentielle » serait ramenée à 4.31 millièmes le kilowatt-heure ».

On a passé la remarque qu'il n'existe pas d'organisme indépendant pour juger de la valeur et des possibilités des différents appareils.

On a voulu dire par là qu'il ne se faisait au Canada, indépendamment de l'A.E.C.L., aucune étude de la valeur relative de ces appareils. Vous admettez, monsieur, que le client est un juge indépendant, et très intéressé; il est intéressé à ce qu'il peut lui en coûter. La Commission hydroélectrique de l'Ontario a décidé de participer à la mise au point du réacteur NPD et de continuer à favoriser la mise au point du réacteur CANDU qui est une partie composante du système d'énergie électrique de la Commission hydroélectrique de l'Ontario.

M. DRYSDALE: Dois-je conclure, d'après ce que vous venez de dire, qu'à votre avis, nous devrions essayer de produire une centrale du type CANDU à plus fort rendement plutôt que de tenter de trouver un réacteur de type différent.

M. LAURENCE: Il est certain, qu'à l'heure actuelle, nous nous efforçons de mettre au point l'appareil ralenti à l'eau lourde. En même temps, comme je l'ai expliqué au Comité l'autre soir, nous accordons une attention suivie aux autres modèles de réacteurs et nous sommes prêts à tirer le meilleur parti possible de tout ce qui nous semble avantageux au point de vue canadien.

M. BEST: J'aimerais vous faire remarquer que si le client doit se prononcer d'une façon indépendante, il se peut que son choix soit plutôt limité au Canada et qu'il n'ait même pas le choix à moins d'aller en dehors du pays.

M. LAURENCE: Je croyais avoir compris que le réacteur à eau bouillante était disponible, et il l'est vraiment.

M. BEST: Mais non pas au Canada.

M. LAURENCE: Pourquoi pas? Je ne vois rien qui puisse empêcher la Commission hydroélectrique de l'Ontario d'étudier n'importe quel des réacteurs les plus importants qu'on est à mettre au point aux États-Unis.

M. DRYSDALE: Si ce n'est qu'à mon avis, ils n'ont aux États-Unis qu'un réacteur à puissance de 20 mégawatts qui ne fonctionnera à plein rendement qu'en 1963 ou 1964.

M. LAURENCE: Je ne vois pas où vous voulez en venir.

M. DRYSDALE: A l'heure actuelle, où en est-on rendu en ce qui concerne le réacteur à eau bouillante du type Dresden? Est-il disponible sur le marché?

M. LAURENCE: Oui.

M. DRYSDALE: Quelle est la puissance de celui qui est en service actuellement?

M. LAURENCE: Pour le moment, j'oublie.

M. DRYSDALE: Est-ce 20 mégawatts?

M. LAURENCE: Beaucoup plus que cela. Nous pouvons obtenir le renseignement pour vous.

M. WATSON: C'est environ 108 mégawatts, je crois.

M. LAURENCE: Sa puissance peut facilement varier de 20 à 400 mégawatts.

M. DRYSDALE: J'ai essayé de faire préciser à M. Golding ses critiques à l'adresse de l'A.E.C.L. et nous nous sommes écartés du sujet quand il a fait sa proposition en marge de la réunion à laquelle il a assisté. Sa proposition portait sur l'étude qu'on pourrait faire du réacteur à eau bouillante. C'est l'opinion de M. Golding sur un point particulier seulement. Je me demande si nous ne pourrions pas continuer à préciser ses critiques à l'égard d'autres travaux de recherches dont l'A.E.C.L. ne s'occupe pas présentement et qu'elle devrait poursuivre, selon lui.

M. GOLDING: Avant de passer à une nouvelle proposition, permettez-moi de faire une observation sur la dernière que j'ai formulée. M. Laurence a soulevé un point que j'aimerais commenter. Il a dit que le client est le juge et que c'est à lui de décider des possibilités économiques d'un réacteur. La

Commission hydroélectrique de l'Ontario n'est pas une autorité elle non plus quant aux possibilités économiques d'un réacteur. A qui s'adresse-t-elle donc ?

M. LAURENCE : Est-ce qu'il ne s'agit pas tout simplement de comparer à quel prix elle peut produire de l'énergie avec les différents appareils ?

M. SLOGAN : Est-ce que ce ne serait pas déloyal envers l'A.E.C.L. si la Commission hydroélectrique de l'Ontario avait recours à l'étranger ?

M. LAURENCE : A ce sujet il y a une autre possibilité, c'est que cette commission pourrait se servir de charbon comme combustible, mais, tout de même, elle a décidé de prendre part à la mise au point du réacteur à l'eau lourde.

M. DRYSDALE : C'est M. Golding qui est notre témoin et je voulais lui faire préciser ses critiques au sujet des recherches qu'on poursuit actuellement dans le domaine des réacteurs nucléaires pour que le Comité puisse en juger.

M. GOLDING : Je n'aime pas le mot critiques. Appelons cela plutôt des propositions.

M. DRYSDALE : Avez-vous quelque critique à faire au sujet de certains travaux de recherches que l'on poursuit actuellement, dans le domaine de la science pure ou appliquée ?

M. GOLDING : Je n'en ai pas, autant que je sache.

M. DRYSDALE : Qu'auriez-vous à proposer sur ce qu'on pourrait entreprendre maintenant ou plus tard en fait de projets à grande portée ?

M. GOLDING : Je veux vous faire remarquer que toutes les propositions qui ont été faites avaient rapport aux réacteurs. En somme, toute idée d'un nouveau réacteur quel qu'il soit nous amène à penser à l'uranium enrichi. J'ai l'impression qu'un de ces jours, quelqu'un se fera une réputation dans ce domaine. En tant que producteurs d'uranium, nous devrions songer à nous renseigner sur les divers moyens de vendre l'uranium. A part cela, j'ai eu l'idée, et j'en ai discuté avec des gens qui sont censés être des experts, que le Canada pourrait établir un laboratoire de recherches en combustibles qui serait peut-être un exemple pour les autres pays du monde. Dans les entreprises minières, serait-on d'avis qu'il vaudrait la peine d'essayer de faire accepter cette idée ? Ou, si le nombre de combustibles est trop limité, nous pouvons ajouter les combustibles exotiques. Ou encore, si on ne trouve pas cela acceptable, que dirait-on d'un laboratoire de recherches en fait de minéraux exotiques ? Je ne suis pas au courant de la production en ce domaine ni des facilités dont nous disposons. Ce sont, des propositions dont on commence à parler. Il faut se demander s'il serait faisable de nous donner en exemple aux autres pays du monde, comme l'a fait, en certains domaines un pays aussi petit que la Suède. Je ne le sais pas, j'aimerais bien étudier la question un de ces jours.

M. DRYSDALE : Au sujet de ce laboratoire de recherches en combustibles, est-ce que vous songeriez à utiliser pour les brise-glaces ou les sous-marins les mêmes combustibles que pour les satellites et les appareils à propulsion ?

M. GOLDING : Oui, si les combustibles utilisés dans les satellites proviennent de notre pétrole. Je songe à exploiter nos propres ressources.

M. DRYSDALE : Avez-vous d'autres propositions à faire ?

M. GOLDING : Il y aurait seulement l'hélium, et je crois qu'une compagnie de la Saskatchewan étudie déjà les possibilités de ce côté-là. Elle doit nous faire part du résultat de son enquête avant bien longtemps et nous dire quelles sont les perspectives d'exportation à cet égard.

M. DRYSDALE : D'après vous, est-ce qu'il y aurait lieu de modifier le degré de coopération qui existe actuellement entre l'A.E.C.L. et l'industrie ?

M. GOLDING : A mon sens, la seule façon de voir à ce que la coopération nécessaire existe entre les deux, c'est d'en charger votre service administratif

ou l'organisme que vous désignerez si vous avez l'intention d'en créer un. Cette coopération existe à la division de l'usine d'énergie atomique à Toronto. Que l'on utilise, ou non, les subventions actuellement accordées, est-il possible de s'en remettre en cela à un groupe de fabricants ? Je pense à ce qui est arrivé en Angleterre : avant l'avènement et la mise en service des appareils nucléaires, le gouvernement a dû faire certaines pressions. L'industrie n'y est pas allée de son plein gré. Il y avait bien un certain intérêt, mais ne me demandez pas de vous le définir.

M. DRYSDALE : Je me rappelle que vous avez critiqué l'A.E.C.L. parce qu'elle orientait ses travaux dans une seule voie. Serait-il juste de dire qu'en faisant cette remarque, vous supposiez que l'A.E.C.L. avait des ressources illimitées ?

M. GOLDING : Je crois qu'on pourrait accorder à l'A.E.C.L. une aide financière accrue, mais je ne dirais pas que ses ressources devraient être illimitées.

M. DRYSDALE : Au sujet de cette critique voulant que l'A.E.C.L. oriente ses travaux dans une seule direction, seriez-vous assez bon de nous donner des précisions ?

M. GOLDING : Je ne sais pas au juste quel point vous voulez soulever.

M. DRYSDALE : Vous avez laissé entendre que les buts de l'A.E.C.L. sont bien mal équilibrés et s'orientent en quelque sorte dans une seule direction. Voulez-vous parler du réacteur ralenti à l'eau lourde et chauffé à l'uranium naturel ?

M. GOLDING : Vous dites bien ralenti à l'eau lourde et chauffé à l'uranium naturel ? On devrait certainement fabriquer ce genre d'appareil, de toute façon le type CANDU 1.

M. DRYSDALE : Votre critique porte donc, que, si l'A.E.C.L. doit poursuivre ses travaux dans ce domaine particulier, elle devrait se consacrer aussi à l'étude de différents autres types de réacteurs, ce qui lui prendrait plus d'argent à des fins d'exploitation.

M. GOLDING : C'est bien cela.

M. DRYSDALE : C'est là votre point de vue ?

M. GOLDING : Exactement.

M. DRYSDALE : Je veux simplement trouver la portée de cette critique. Indirectement, plutôt que de s'adresser à l'A.E.C.L., elle pourrait s'adresser au gouvernement qui n'accorderait pas les fonds nécessaires au programme de recherches.

M. GOLDING : Ce n'est peut-être même pas une question d'augmenter les subventions. Je vais essayer de vous expliquer en me reportant à notre ami, M. White — et remarquez bien que je ne suis pas chargé de ses intérêts. Nous pourrions commencer dès maintenant à installer le réacteur à eau bouillante. M. White a laissé savoir qu'il pourrait le mettre en service dès 1965 ce qui est, par simple coïncidence, la date prévue pour la mise en fonctionnement du CANDU 1 et tout le travail serait exécuté dans nos usines pour la moitié du coût du réacteur CANDU.

M. DRYSDALE : C'est aussi un réacteur de 200 mégawatts.

M. GOLDING : M. White a établi le coût à 190 dollars le kilowatt ou, en tout, 38 millions de dollars.

M. DRYSDALE : S'agit-il d'un réacteur de même puissance que le CANDU ?

M. GOLDING : Selon M. White, il peut lui donner une puissance égale à celle du CANDU. Si nous décidions de le construire, en supposant que c'est une chose faisable, nous aurions en 1965, deux réacteurs en service, deux genres différents actionnés par la même turbine. Ce serait le rêve d'un ingénieur

d'exploitation de pouvoir comparer deux des meilleurs types de réacteurs, le meilleur au Canada et le plus avantageux qu'on puisse trouver aux États-Unis. Tous les travaux seraient terminés en 1965 et nos deux réacteurs seraient mis en service trois ans plus tôt que le deuxième CANDU, qu'on doit mettre en fonctionnement en 1968, je crois, — à meilleur compte, et il semble que ce serait là un moyen d'économiser un peu.

M. DRYSDALE : Proposez-vous aussi qu'on établisse en même temps une centrale de diffusion à uranium enrichi ?

M. GOLDING : Cela dépend du centrifugeur. A la conférence des ingénieurs nucléaires, on nous a aussi présenté une communication où l'on a donné à entendre qu'il fallait y songer au Canada. J'avais oublié de vous en parler quand vous m'avez demandé quels étaient les plans qu'on envisageait pour l'avenir.

M. DRYSDALE : En somme, vous êtes d'avis que le Canada devrait se lancer dans la production de l'uranium enrichi, qu'il s'agisse d'une centrale de diffusion ou une centrale à centrifugeur au gaz.

M. GOLDING : Oui, il faudrait considérer la chose.

M. BEST : Selon vous, a-t-on suffisamment étudié la question d'une installation d'enrichissement ?

M. GOLDING : Je ne sais pas jusqu'à quel point on l'a étudiée, mais je crois comprendre qu'on n'y a accordé que peu d'attention.

M. BEST : A votre connaissance, y aurait-il des groupements étrangers ou d'autres personnes de l'extérieur, soit des États-Unis ou de l'Angleterre qui se soient intéressés, à un moment donné, aux possibilités d'enrichissement de l'uranium au Canada dans le but d'en entreprendre l'exploitation ou de financer une entreprise à cet égard.

M. GOLDING : Cela me rappelle un certain incident, monsieur, et je me suis souvent demandé à quoi il avait abouti. Un membre de l'*Atomic Energy Authority* du Royaume-Uni m'a dit qu'un comité conjoint anglo-canadien avait fait enquête au pays vers 1950, selon lui.

M. BEST : S'agissait-il d'enrichissement de l'uranium ?

M. GOLDING : Il s'agissait de la possibilité d'installer une usine d'enrichissement au Canada. Je crois que le rapport du Comité favorisait l'entreprise, et si on y avait donné suite, je présume que le Royaume-Uni y aurait fait une grosse mise de capitaux. Mais nous n'en avons jamais entendu parler depuis.

M. BEST : M. Laurence pourrait-il nous éclairer à ce sujet ?

M. LAURENCE : Je crois, monsieur le président, que M. Gray a fait des observations là-dessus à une réunion antérieure. Il a dit que l'*Atomic Energy Authority* du Royaume-Uni, l'*Eldorado* et l'*Atomic Energy of Canada Limited* avaient étudié la question et avaient décidé que ce n'était pas une proposition avantageuse.

M. BEST : A quel moment a-t-on étudié la chose ?

M. LAURENCE : Il faudrait s'assurer de cela. C'est aux environs de 1956, mais nous allons confirmer la date.

M. BEST : C'était après 1950, il y a à peu près cinq, six ou sept ans.

M. LAURENCE : Ça ne remonte pas à 1950.

M. BEST : L'organisme de coopération comprenait des membres de l'*Atomic Energy Authority* du Royaume-Uni et des membres de l'*Eldorado*. Les autorités de l'A.E.C.L. à Chalk River y ont-elles pris part ?

M. LAURENCE : Oui, elles y ont pris part.

M. SLOGAN : Monsieur Laurence, étant donné que vous détenez des brevets pour le procédé de diffusion, pouvez-vous dire que vous seriez en mesure de

le mettre en valeur aussitôt que vous serez convaincu de son avantage pour le Canada ou de sa valeur économique ?

M. LAURENCE : De quels brevets voulez-vous parler ?

M. BEST : Des brevets dont il a été question l'autre jour.

M. LAURENCE : Voulez-vous parler de brevets au sujet d'un centrifugeur ? Ce sont de vieux brevets.

M. BEST : Seraient-ils maintenant périmés ?

M. LAURENCE : On a donné à entendre qu'ils l'étaient grandement.

M. BEST : A la suite des réunions du groupe britannique et de l'Eldorado, a-t-on rédigé un rapport officiel ?

M. LAURENCE : Je suis certain que les délibérations ont été dûment consignées aux comptes rendus des réunions.

M. BEST : Peut-on se procurer les comptes rendus ?

M. LAURENCE : Je ne crois pas.

M. BEST : Pouvez-vous nous expliquer plus à fond les décisions qui ont été prises ?

M. LAURENCE : Ce sont des documents secrets.

M. BEST : Pouvez-vous expliquer plus en détail les conclusions auxquelles on est arrivé ? Vous avez dit qu'à ce moment-là, il ne semblait pas avantageux au point de vue économique de songer à installer des usines d'enrichissement de l'uranium au Canada.

M. LAURENCE : C'est exact, mais je n'aimerais pas m'étendre sur le sujet. Vous pourriez peut-être vous adresser à M. Gray qui est au courant de tous les faits.

M. BEST : Qu'aviez-vous appris à ce propos, monsieur Golding ? Vous avait-on dit qu'on trouvait la chose désavantageuse ou autrement ?

M. GOLDING : Nous n'avons jamais pu savoir. La seule nouvelle que j'ai eue, c'est que la recommandation du groupe d'experts était favorable à l'entreprise. Après cela, on a tout simplement laissé tomber la chose. Je n'ai pas pu en savoir plus long.

M. DRYSDALE : Vous serez alors peut-être assez bon de nous donner des explications, monsieur Golding ; mettons que nous ayons une certaine somme d'argent dont nous voulions disposer aux fins de recherches, alors je comprends, d'après votre témoignage, qu'il faudrait surtout voir à produire et à varier les combustibles d'uranium et laisser à l'entreprise privée le soin de mettre au point de nouveaux réacteurs nucléaires, que ce soit aux États-Unis, au Royaume-Uni ou dans tout autre pays. Est-il juste de dire cela ?

M. GOLDING : Je n'aimerais pas, monsieur, que vous me mettiez dans une situation où je devrais tenter de répartir de l'argent entre ces divers groupes. Cela exigerait un examen sérieux du problème.

M. DRYSDALE : Si vous aviez à établir l'ordre d'importance, en ce qui concerne le Canada, — qui, remarquez bien, possède la matière première, l'uranium, — accorderiez-vous la première place à l'étude et à la recherche de divers combustibles plutôt qu'à la mise au point de différents modèles de réacteurs ?

M. GOLDING : A mon avis, il faut s'en remettre pour cela à l'opinion de ceux qui s'occupent de combustibles.

M. DRYSDALE : Voici où je veux en venir : vous avez exprimé certaines critiques au sujet de la ligne de conduite de l'A.E.C.L. et j'essaie de vous faire préciser dans quel sens, à votre avis, cet organisme devrait orienter ses efforts.

M. GOLDING : Que l'on entreprenne quoi que ce soit dans le domaine qui nous occupe, nous pourrons, par là, varier nos intérêts et, par conséquent, travailler au bien du pays. Il faut que le reste du monde s'intéresse davantage à

ces questions. Quand vous entreprenez quelque chose dans ce domaine vous aboutissez à quelque chose de nouveau. On dirait une perpétuelle éclosion.

M. DRYSDALE : Vous ne savez pas si on devrait attacher plus d'importance à l'aspect combustible ou à l'aspect réacteur nucléaire ?

M. GOLDING : Je n'ai pas étudié la question.

M. SLOGAN : J'aimerais à revenir aux points que M. Best a soulevés tantôt au sujet de votre revue. Avez-vous jamais demandé aux autorités de l'*Atomic Energy of Canada Limited* de vous fournir des articles rédigés par des membres de leur personnel en vue de les reproduire tels quels dans votre revue ?

M. GOLDING : Non, monsieur, si ce n'est des occasions où elles se sont rendues à nos demandes. Quand nous apprenions qu'on y avait présenté une communication, nous leur en demandions le texte en vue de le publier.

M. SLOGAN : C'est vous-même qui rédigez tous vos articles après avoir étudié les communications ?

M. GOLDING : C'est notre habitude de les abréger.

M. SLOGAN : Est-ce qu'il ne serait pas dans l'intérêt de votre revue d'avoir certains articles rédigés par des membres du personnel de l'A.E.C.L. et reproduits tels quels ?

M. GOLDING : Si nous ne l'avons pas fait, monsieur, c'est que les communications dont nous avons pris connaissance quand elles ont été présentées à certaines sociétés au Canada et qui sont d'inspiration canadienne,—et presque toutes celles que nous avons lues portaient sur l'eau lourde,—nous ont fourni assez de documentation sur l'eau lourde pour toute l'année. Nous n'avons jamais été obligés d'avoir recours à d'autre documentation que ces communications toutes préparées et les deux dont j'ai parlé provenaient d'experts qui nous les ont offertes pour compléter notre série.

M. SLOGAN : J'aimerais à poser certaines questions à M. Kennedy. Vous êtes l'agent des relations extérieures à l'*Atomic Energy of Canada Limited*, je crois. Je veux poursuivre l'interrogatoire dans le même ordre d'idées. Monsieur Kennedy, vous êtes avant tout chargé de publier autant de renseignements que possible sur les fonctions de l'*Atomic Energy of Canada Limited*, n'est-ce pas ?

M. C. C. KENNEDY (*Relations extérieures, Atomic Energy of Canada Limited*) : C'est exact.

M. SLOGAN : D'abord, quelle est, d'après vous, la valeur de cette section de la revue *Modern Power and Engineering* consacrée au génie nucléaire ?

M. DRYSDALE : Pourrions-nous connaître les antécédents de M. Kennedy comme c'est l'usage avant d'appeler quelqu'un à témoigner.

M. KENNEDY : Je ne sais pas jusqu'à quel point vous renseigner à ce sujet, monsieur Drysdale. Je suis rompu au journalisme. J'ai plusieurs années d'expérience dans ce domaine et je puis vous en faire part en détail. Je ne reviendrai pas sur les tout débuts de ma carrière. Avant de me rendre à l'école secondaire, le matin, je nettoyait la salle de la presse au *Trail Times*; je connais le métier à partir de là.

M. BEST : Est-ce là aussi que vous avez pris connaissance de l'eau lourde ?

M. KENNEDY : A vrai dire, j'aimerais répondre à cette question. Comme je viens de Trail (C.-B.), où l'on fabrique l'eau lourde, j'ai appris ce que c'était. Je redis toujours qu'on entoure l'énergie atomique de trop de mystère et que c'est à l'école secondaire que j'ai appris ce que c'est que l'eau lourde. Je souhaiterais avoir en mains le manuel de classe où l'auteur, dans sa préface, disait que même si les journaux prennent un grand intérêt aux neutrons, à l'eau lourde et à la structure des atomes,—la préface est datée de 1934, il y a environ trente ans—c'est trop demander à des élèves de l'école secondaire d'être assez sophistiqués pour y prendre le même intérêt. C'est dans ce même manuel de classe que j'ai appris ce que c'est que l'eau lourde.

M. BEST : N'avez-vous pas aussi reçu une formation scientifique et technique ?

M. KENNEDY : Je vais y arriver, nous avons déjà vu la période des débuts à Trail (C.-B.). J'ai écrit des articles pour plusieurs journaux; j'ai suivi avec succès un cours spécial de deux ans à la faculté des arts de l'Université Carleton (*Associate in Arts*); j'ai ensuite obtenu un diplôme en génie à l'Université Carleton—un cours de deux ans—tout en m'occupant, durant ces deux années, de la rédaction du journal hebdomadaire où j'avais un personnel de journalistes. Puis je suis allé à l'Université McGill où j'ai obtenu le grade de bachelier en sciences. Par la suite, j'ai suivi, pendant un an, le cours en vue de la maîtrise-ès-arts. J'ai travaillé ensuite durant deux ans et demie au *Montreal Standard* et deux autres années à la revue *Time*.

En 1952, M. C. J. Mackenzie a prononcé un discours où il disait comme c'était bien dommage qu'il n'y ait personne au Canada qui puisse expliquer les choses scientifiques aux profanes. Je lui ai donc écrit et lui ai donné à entendre que j'étais intéressé à ce genre de travail; c'est ainsi que je suis entré à l'emploi de l'*Atomic Energy of Canada Limited*.

M. BEST : Vous en avez parcouru du chemin.

M. SLOGAN : Monsieur Kennedy, croyez-vous que des articles du genre de ceux qui sont publiés dans la section de la revue *Modern Power and Engineering* consacrée au génie nucléaire puissent aider à diffuser les renseignements au sujet du programme canadien à l'égard de l'énergie atomique ?

M. KENNEDY : Certainement. A mon avis, nous sommes toujours heureux de voir quelqu'un publier des renseignements, non seulement au sujet du programme d'énergie atomique mais encore au sujet de programmes en d'autres domaines.

M. SLOGAN : Je reviens à ma première question. On nous a présenté bien des faits, M. Golding a exprimé certaines opinions et je ne vois pas d'objection à ce que vous exprimiez la vôtre. J'aimerais toujours savoir ce que vous pensez de cette section de la revue qui nous intéresse.

M. NUGENT : Je ne vois pas le rapport que cela peut avoir avec notre discussion.

M. STEWART : M. Kennedy vient de se prononcer.

M. SLOGAN : D'après vous, voyez-vous la possibilité de vendre au Canada ou l'utilité d'avoir au Canada une revue consacrée uniquement au génie nucléaire ?

M. KENNEDY : Certainement, je pense que nous pourrions nous permettre d'avoir une revue qui traite uniquement d'énergie nucléaire. Vous savez probablement que bien des articles ont paru dans des publications un peu partout dans le monde au sujet de notre programme. Nous avons recours à des revues américaines qui traitent de science nucléaire; et je crois qu'il serait utile d'avoir une revue canadienne qui soit en grande partie ou presque entièrement consacrée à la science nucléaire au Canada. Je puis peut-être faire un peu de publicité à la *Maclean-Hunter Company* qui lance une revue intitulée *Canadian Nuclear Technology*. Le premier numéro doit paraître en juin, je crois.

M. SLOGAN : Est-ce que ce sera une revue mensuelle ?

M. KENNEDY : Ce sera une revue trimestrielle.

M. SLOGAN : Il me paraît étrange qu'aucun membre de votre personnel n'ait jamais écrit d'article dans cette section de la revue *Modern Power and Engineering*, étant donné que c'est la seule du genre au Canada. Avez-vous jamais essayé d'y faire publier des articles rédigés par des membres du personnel de l'*Atomic Energy of Canada Limited* ?

M. KENNEDY : Je me demande si ce serait vraiment l'affaire d'un agent des relations extérieures d'essayer de leur faire publier des articles. A mon avis,

c'est plutôt au directeur de la revue à se tenir au courant dans le domaine qui l'intéresse soit en parcourant les publications qui s'y rapportent ou en discutant avec les autres membres de l'A.E.C.L. Je n'essaierai pas de prendre la direction de la revue *Modern Power and Engineering*. Maintes fois, nous lui avons procuré de la documentation; j'ai reçu des lettres de remerciements et des télégrammes de M. Golding à cet égard.

M. SLOGAN : Pourriez-vous nous exposer brièvement la nature de votre travail en qualité d'agent des relations extérieures à l'A.E.C.L. ?

Le PRÉSIDENT : Monsieur Slogan, je ne vois pas en quoi cela se rapporte à l'interrogatoire de votre principal témoin de la journée.

M. SLOGAN : M. Golding est rédacteur de revue.

Le PRÉSIDENT : Il est aussi ingénieur, et c'est à ce titre qu'il est venu témoigner ici.

M. SLOGAN : S'il est ici, c'est tout d'abord à cause d'un éditorial qu'il a écrit dans sa revue et il est donc venu témoigner en qualité de rédacteur aussi.

Le PRÉSIDENT : Vous pourriez peut-être demander au témoin que vous êtes à interroger s'il n'a jamais écrit au directeur de la revue en question pour se plaindre des articles qu'on y publie.

M. SLOGAN : Voulez-vous répondre à cela, monsieur Kennedy ?

M. KENNEDY : Puis-je vous demander de répéter ?

M. SLOGAN : Je suppose qu'une de vos fonctions consiste à faire la revue de tout ce qui paraît au sujet de l'énergie nucléaire et de votre propre programme en ce domaine, et j'ose croire, qu'en votre qualité d'agent des relations extérieures, vous essayez de rendre un jugement aussi favorable que possible. Avez-vous jamais eu à vous plaindre à la direction de la revue *Modern Power and Engineering* au sujet d'éditoriaux qu'on y a publiés ?

M. KENNEDY : M. Golding et moi en avons discuté à l'occasion et je me suis permis de dire qu'à mon avis, l'équilibre de la revue laissait à désirer. Est-ce de cela que vous voulez parler ?

M. SLOGAN : A titre d'agent des relations extérieures, avez-vous jamais écrit une lettre dans le but de critiquer ces éditoriaux ?

M. KENNEDY : Non, je ne crois pas.

M. SLOGAN : Monsieur Golding, est-ce vous qui allez prendre la direction de la nouvelle revue dont M. Kennedy a parlé.

M. GOLDING : Non, c'est M. Kaill qui en sera le directeur.

M. SLOGAN : Allez-vous y collaborer ?

M. GOLDING : Non, monsieur.

M. SLOGAN : Cette nouvelle revue va-t-elle remplacer la section de la revue *Modern Power and Engineering* qui nous intéresse ?

M. GOLDING : Notre revue est une revue comme les autres et nous avons inauguré cette section il y a cinq ans dans l'intention d'en voir surgir une nouvelle revue. C'est ce qui se produit actuellement.

M. SLOGAN : Vous allez demeurer avec la revue *Modern Power and Engineering* ?

M. GOLDING : Nous allons probablement écrire un article de temps à autre—c'est encore de notre domaine.

M. BEST : Permettez-moi, monsieur le président, de dire, en guise de commentaire, qu'il serait bon de voir plus de journalistes ayant, comme M. Kennedy, une formation scientifique—à mon avis, les deux peuvent s'associer avantageusement.

Le PRÉSIDENT : Avez-vous d'autres questions à poser, messieurs ?

M. SLOGAN : Monsieur Golding, pensez-vous que l'établissement d'un nouveau centre de recherches nucléaires au Canada soit une bonne chose ?

M. GOLDING : Si vous voulez parler de l'établissement de Whiteshell, c'est décidément une bonne chose.

M. SLOGAN : D'après vous, est-il préférable d'avoir plusieurs établissements plutôt qu'un seul établissement plus considérable ?

M. GOLDING : Je le crois, dans un pays de l'étendue du nôtre.

M. SLOGAN : Quels sont les avantages d'avoir plusieurs ou même, mettons, deux établissements ?

M. GOLDING : En répondant si vite à la question que vous me posiez tantôt à ce sujet, je pensais à cette difficulté qui se présente toujours quand il s'agit d'établir un contact entre les différentes parties du pays. C'est toujours un gros problème de mettre les gens de Halifax au courant de ce qui se passe à Vancouver. Plus on disperse des établissements comme les installations d'énergie nucléaire, plus il y a d'échanges mutuels ce qui joue à l'avantage du pays, en général.

M. SLOGAN : Croyez-vous qu'en ayant deux établissements distincts les groupes d'experts postés à distance seraient amenés à penser indépendamment les uns des autres en matière d'énergie nucléaire ?

M. GOLDING : J'ai bien peur que ce ne soit un peu trop profond pour moi.

M. BEST : Tout dépend de la liaison qui s'établit entre les deux groupes.

M. SLOGAN : Que pensez-vous du programme qu'on doit poursuivre à Whiteshell, notamment la mise au point du réacteur à réfrigérant organique ?

M. GOLDING : Je pense qu'il est logique.

M. SLOGAN : Est-ce que cela comble en quelque sorte votre désir de voir mettre au point un réacteur à haute température ?

M. GOLDING : D'après ce qu'on me dit, pour ce qui est de la haute température, il n'est pas possible de produire une température beaucoup plus élevée avec le réacteur à réfrigérant organique. On ne peut en tirer le maximum. Mais, naturellement, presque chaque type de réacteur auquel on a songé servira à quelque chose quelque part dans le monde et je crois que le réacteur organique remplira son rôle même s'il ne peut servir aux centrales à grande puissance et à grand rendement.

M. SLOGAN : Dans quel sens encore devrait-on, selon vous, orienter les recherches à Whiteshell ?

M. GOLDING : C'est s'aventurer trop loin pour moi, monsieur. Si les experts de Whiteshell doivent étudier le réacteur à réfrigérant organique, ils doivent savoir ce qu'ils ont en vue et je n'en connais pas assez pour vous dire ce que j'en pense.

M. SLOGAN : Monsieur Laurence, voulez-vous nous mettre au courant de ce qu'on se propose de faire exactement à Whiteshell ?

M. LAURENCE : C'est censé être un centre de recherches où l'on pourrait installer un grand projet d'expansion de notre programme de recherches et de mise au point. L'établissement de Chalk River semble avoir atteint l'ampleur désirée et, à mesure que s'élaborent de nouveaux projets, nous aurons besoin d'un nouvel établissement pouvant servir, par exemple, à la mise au point du réacteur à réfrigérant organique. C'est donc naturellement la première chose qu'on songe à installer à Whiteshell.

M. SLOGAN : Va-t-on encore exécuter à Chalk River la plus grande partie des travaux de recherches fondamentales ?

M. NUGENT : Permettez-moi, monsieur le président, de soulever une question de règlement. Nous sommes à interviewer M. Golding et, comme il l'a déjà dit, les questions qu'on lui pose sont d'un ordre d'idées qui n'est pas de sa

compétence—il n'y connaît rien. Il me semble que les questions portent sur un tout autre ordre d'idées. J'écoute toujours monsieur Laurence avec intérêt quand il nous met au courant de ce qui se passe, mais je me demande en quoi cela se rapporte au sujet que nous avons abordé avec le témoin ?

Le PRÉSIDENT : M. Slogan a-t-il demandé l'opinion du témoin sur l'établissement de Whiteshell ?

M. NUGENT : M. Golding dit que cela le dépasse, alors ce genre de questions ne le regarde pas du tout. Nous pouvons finir d'interroger le témoin et poser ensuite nos questions dans un autre ordre d'idées.

M. SLOGAN : J'ai fini d'interroger M. Golding.

M. BEST : Nous avons interrogé un témoin; cependant, nous avons ici présents des représentants de l'*Atomic Energy* et il faut qu'il y ait une certaine réaction de part et d'autre entre les différentes personnes de l'extérieur qui viennent témoigner à chaque réunion.

M. NUGENT : Bien entendu, mais c'est seulement après que le témoin s'est prononcé et que nous voulons entendre le point de vue de l'*Atomic Energy*. Le témoin est ici et admet n'avoir rien à dire au sujet de Whiteshell. Je ne m'oppose pas à ce qu'on réagisse de part et d'autre mais, en l'occurrence, cela n'a pas sa raison d'être.

M. BEST : Rien n'empêche cependant M. Slogan d'interroger les autorités de l'*Atomic Energy* sur les questions de ce genre.

Le PRÉSIDENT : M. Golding nous a dit qu'il approuvait le projet du Manitoba, qui est la province d'origine de monsieur Slogan, et je ne vois pas d'objections à ce que celui-ci pose une question à monsieur Laurence et qu'on lui réponde.

M. SLOGAN : Aimerez-vous à poursuivre votre réponse, monsieur Laurence ?

M. LAURENCE : J'avais terminé.

M. SLOGAN : Croyez-vous pouvoir répondre à la question que je posais à M. Golding, c'est-à-dire si le fait d'avoir deux établissements de recherches qui seront en relations étroites sans doute, mais qui seront tout de même bien distincts avec chacun son groupe d'experts, peut causer entre les deux établissements un peu plus d'interdépendance d'opinion sur certaines questions. Si vous allez tous souper ou dîner ensemble et que vous causiez ensemble, vous allez sûrement vous trouver un intérêt commun mais si deux groupes de personnes vont souper à différents endroits, il arrivera sans aucun doute que leurs opinions et leurs conclusions vont différer. Au point de vue scientifique, est-ce que ce serait une bonne chose ?

M. LAURENCE : Si vous réunissez des hommes de science, qu'ils travaillent habituellement au même établissement ou à deux établissements distincts, vous aurez certaines divergences d'opinion. C'est de cette façon que nous arrivons à mieux percer et comprendre les mystères de la nature. C'est ainsi que les hommes de science suscitent l'émulation les uns des autres.

M. NUGENT : En plus du réacteur à réfrigérant organique qu'on se propose de mettre au point, que comprend encore le programme de recherches de Whiteshell ?

M. LAURENCE : En plus de la mise en service du réacteur à réfrigérant organique, nous aurons un autre réacteur qui permettra de faire certaines expériences. On se propose de faire de Whiteshell un centre expérimental où l'on pourra entreprendre une bonne partie des travaux de recherches qui nécessitent l'emploi d'un réacteur. Il s'agit notamment de l'amélioration des combustibles et des problèmes connexes de recherches et de mise au point.

Le PRÉSIDENT : Au nom du comité, je désire remercier M. Golding d'être venu témoigner et de nous avoir renseignés comme il l'a fait. Nous sommes très

heureux aussi d'avoir entendu M. Craig et nous lui savons gré de nous avoir apporté ses explications.

M. GOLDING : Je vous remercie, monsieur le président.

M. CRAIG : Je vous remercie.

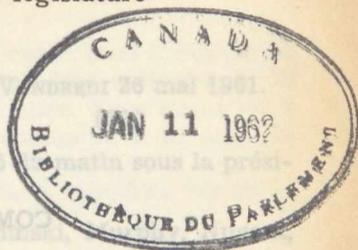
Le PRÉSIDENT : Nous devons nous réunir demain à 9 heures et demie pour entendre M. H. A. Smith, de la Commission hydroélectrique de l'Ontario, mercredi, pour entendre M. Bleakley, et jeudi, pour entendre M. John Davis de Vancouver.



CHAMBRE DES COMMUNES

Quatrième session de la vingt-quatrième législature

1960-1961



COMITÉ SPÉCIAL  
DES

RECHERCHES

Président: M. J. W. MURPHY

PROCÈS-VERBAUX ET TÉMOIGNAGES

Fascicule 25

ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED

SÉANCE DU VENDREDI 26 MAI 1961

TÉMOIN:

M. H. A. Smith, directeur général adjoint, division du génie, Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario.

ROGER DUHAMEL, M.S.R.C.  
IMPRIMEUR DE LA REINE ET CONTRÔLEUR DE LA PAPETERIE  
OTTAWA, 1961

1960-1961



COMITÉ SPÉCIAL DES RECHERCHES

Président: M. J. W. Murphy

Vice-président: M. C. A. Best

et MM.

Aiken  
Anderson  
Batten  
Bissonnette  
Bourget  
Brunsdén

Drysdale  
Dumas  
Forgie  
Godin  
Korchinski  
McIlraith

Nugent  
Pitman  
Slogan  
Stearns  
Stewart

Secrétaire du Comité:  
J. E. O'Connor.

PROCS-VERBAUX ET TÉMOIGNAGES

Fascicule 25

ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED

SÉANCE DU VENDREDI 26 MAI 1961

TÉMOIN:

M. H. A. Smith, directeur général adjoint, division du génie, Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario.

## TÉMOIGNAGES

### PROCÈS-VERBAL

VENDREDI 26 mai 1961.

(31)

Le Comité spécial des recherches se réunit à 9 h. 55 du matin sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents:* MM. Batten, Brunsdén, Drysdale, Korchinski, Murphy, Nugent, Stearns et Stewart. (8)

*Aussi présents:* M. H. A. Smith, directeur général adjoint, division des services techniques, Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario. De l'*Atomic Energy of Canada Limited*: M. D. Watson, secrétaire; M. G. C. Lawrence, directeur de la recherche, Division des études et de la mise au point du réacteur.

Invité à témoigner, M. Smith donne lecture d'un bref exposé des fonctions de l'Hydro-Ontario, ses besoins présents et futurs d'énergie et sur les dépenses à prévoir.

On pose des questions à M. Smith au sujet de la participation de l'Hydro-Ontario à la réalisation du prototype de la centrale nucléaire de Rolphton et à l'entreprise du CANDU à Douglas Point, de la transmission de l'énergie et de l'exploitation des centrales thermiques.

A onze heures, le Comité s'ajourne au mercredi 31 mai 1961, à 2 heures et demie de l'après-midi.

M. Smith:

Introduction

Le présent exposé a pour objet de résumer brièvement les éléments fondamentaux de l'intérêt que l'Hydro-Ontario porte à la production de l'énergie nucléaire et de sa participation au programme canadien de cette production.

Besoins d'énergie

L'Hydro-Ontario exploite deux réseaux électriques alimentés séparément. Le réseau qui distribue l'énergie dans le sud et le nord-est de la province est de beaucoup le plus important des deux et c'est lui qu'intéresse de la façon la plus immédiate la production d'énergie nucléaire. Les renseignements que nous donnons ici ce sujet viseront donc seulement ce réseau.

En 1960, la charge maximum du réseau en énergie primaire a été de 5,324,000 kW, ce qui est très près de la tendance à longue échéance des charges. En fait, le réseau augmente de façon assez régulière et les charges enregistrées ne s'éloignent, somme toute, que dans de faibles proportions de la tendance à long terme. En se fondant sur cette tendance, compte tenu de minimes prévisions pour la réserve de puissance de pointe, on estime qu'en 1980, il faudra une capacité de production de 21 millions de kW pour répondre à la demande d'énergie.

Ressources

En 1960, la capacité de production équipée a atteint 5,930,000 kW comprenant:

4,317,000 kW dans les centrales hydro-électriques

660,000 kW dans les centrales électriques thermiques

617,000 kW achetés

3,930,000 kW



## TÉMOIGNAGES

Le PRÉSIDENT: Messieurs, nous avons le quorum. Ce matin, nous avons parmi nous M. Harold A. Smith, de la Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario. Il était à Deep River lorsque nous y sommes allés. Nous avons alors entendu un très intéressant exposé de M. Smith et quelqu'un a proposé de l'inviter à témoigner devant le Comité.

Monsieur Smith, auriez-vous l'obligeance de nous faire connaître vos antécédents, vos titres et votre expérience?

M. H. A. SMITH (*directeur général adjoint, services techniques, Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario*): Je suis ingénieur. En 1940, j'ai obtenu mes diplômes en génie électrique. De 1940 à 1943 j'ai passé quelque temps au bureau de l'organisation des réseaux de l'Hydro-Ontario. Jusqu'à la fin de la guerre, j'ai été affecté à des travaux de radar, dans la réserve volontaire de la Marine royale du Canada. Après 1945, j'ai assumé certaines autres fonctions de courte durée dans le Service du génie électrique de l'Hydro-Ontario, puis je suis devenu chef du Service technique de la Division de la normalisation des fréquences, lorsque la Commission a entrepris des travaux dans ce domaine en Ontario. J'ai occupé ce poste jusqu'en 1954, après quoi je me suis rendu à Chalk River à titre de coordonnateur d'une petite équipe d'étude sur la possibilité de construire des centrales nucléaires. Depuis la fin de 1957, j'occupe mon poste actuel de directeur général adjoint des services techniques de l'Hydro.

Le PRÉSIDENT: M. Smith a rédigé une brève déclaration et avec votre permission, il voudrait en donner lecture maintenant.

M. SMITH:

### Introduction

Le présent exposé a pour objet de résumer brièvement les raisons fondamentales de l'intérêt que l'Hydro-Ontario porte à la production de l'énergie nucléaire et de sa participation au programme canadien de cette production.

### Besoins d'énergie

L'Hydro-Ontario exploite deux réseaux électriques alimentés séparément. Le réseau qui distribue l'énergie dans le sud et le nord-est de la province est de beaucoup le plus important des deux et c'est lui qu'intéresse de la façon la plus immédiate la production d'énergie nucléaire. Les renseignements que nous donnons ici à ce sujet viseront donc seulement ce réseau.

En 1960, la charge maximum du réseau en énergie primaire a été de 5,324,000 kW, ce qui est très près de la tendance à longue échéance des charges. En fait, le réseau augmente de façon assez régulière et les charges enregistrées ne s'éloignent, somme toute, que dans de faibles proportions de la tendance à long terme. En se fondant sur cette tendance, compte tenu de minimes prévisions pour la réserve de puissance de pointe, on estime qu'en 1980, il faudra une capacité de production de 21 millions de kW pour répondre à la demande d'énergie.

### Ressources

En 1960, la capacité de production équipée a atteint 5,930,000 kW comprenant:

- 4,317,000 kW dans les centrales hydro-électriques
- 996,000 kW dans les centrales électriques thermiques
- 617,000 kW achetés

---

5,930,000 kW

Il existe une forte quantité de ressources hydrauliques inexploitées et on estime que le harnachement de 2 millions de kW pourrait se révéler rentable, quoique la puissance de chaque emplacement soit plutôt faible par rapport à l'accroissement annuel de la charge. En outre, on dispose de réservoirs artificiels dont l'aménagement, prévoit-on, pourrait produire au moins un million de kW.

#### Harnachement futur des ressources

A cause de la capacité relativement faible des emplacements non équipés, il est devenu impossible de faire face à l'augmentation totale de la charge par la construction de centrales hydro-électriques seulement. A l'heure actuelle, les centrales thermiques au charbon offrent l'autre moyen le plus économique de produire de l'énergie. C'est pourquoi notre programme de construction comprend actuellement des centrales hydrauliques et thermiques, mais les premières sont plus avantageuses du point de vue économique.

Donc, pour la période qui se terminera en 1980, on estime qu'il faudra construire des centrales thermiques d'une nature ou d'une autre produisant environ 12 millions de kilowatts. Vu que l'exploitation des ressources hydrauliques sera encore la moins chère, nous continuerons à les utiliser à des facteurs de charge maximums et seulement une partie, peut-être la moitié de la puissance totale de 12 millions de kilowatts des nouvelles centrales thermiques, sera requise pour la production à un facteur de charge élevé.

#### Applications possibles de l'énergie nucléaire

L'Hydro-Ontario estime que deux objections principales l'empêchent de créer dans des centrales thermiques au charbon la plus grande partie de sa nouvelle capacité de production. Tout d'abord, un tel programme entraînera une augmentation du coût de production de l'énergie électrique dans la province. Deuxièmement, étant donné que le charbon sera encore semble-t-il, le combustible le plus économique pour les centrales thermiques dans le sud de l'Ontario et qu'on importera probablement des États-Unis la plus grande partie de ce combustible, l'Hydro-Ontario sera obligée de s'alimenter de plus en plus à des sources étrangères.

Vu que l'énergie nucléaire de concurrence produite dans des centrales alimentées à l'uranium naturel offre la possibilité d'aplanir les objections exposées ici, l'Hydro-Ontario est de toute évidence intéressée au succès de l'aménagement de telles centrales. C'est pourquoi, depuis 1954, nous avons de plus en plus participé au programme de mise au point de l'*Atomic Energy of Canada Limited*.

L'exploitation avec succès d'une centrale atomique en Ontario pose cinq conditions principales:

1. Elle doit produire de l'énergie à un coût maximum de 5 millièmes le kilowatt-heure pour une production à 80 p. 100 du facteur de charge.
2. Elle doit être sans danger, d'un fonctionnement sûr, et durable.
3. Ses frais d'exploitation et d'approvisionnement en combustible doivent être minimes afin d'assurer un fonctionnement à vie au facteur de charge maximum, ce qui semble essentiel, si l'on veut arriver au coût visé de 5 millièmes. Autrement, elle pourrait devenir désuète par suite de la création de centrales dont l'approvisionnement en combustible coûterait moins cher.
4. Elle devrait utiliser du combustible d'uranium extrait et traité au Canada, ce qui, pour l'instant, ne peut viser que l'uranium naturel.
5. La puissance de chaque réacteur à utiliser d'ici cinq ou six ans, ne devrait pas dépasser 300,000 kilowatts. Cela correspond à la plus grande centrale thermique classique présentement intégrée au réseau.

Il existe trois types généraux de centrales nucléaires dont la mise au point est assez avancée à l'heure actuelle pour qu'on en considère l'application possible en Ontario. Il s'agit du réacteur à l'uranium enrichi et ralenti à l'eau ordinaire, en construction aux États-Unis, du réacteur à uranium naturel et à réfrigérant gazeux avec pile à ralentisseur de graphite, en construction en Grande-Bretagne et du réacteur à l'uranium naturel utilisant l'eau lourde comme ralentisseur, en construction au Canada.

Le réacteur utilisant l'eau ordinaire comme ralentisseur ne répond pas aux conditions posées ci-dessus pour deux raisons. Il n'utilise pas l'uranium naturel comme combustible et le coût estimatif du combustible représente une portion importante du coût total de l'unité d'énergie, ce qui fait qu'il pourrait bien ne pas répondre au facteur élevé de capacité à vie nécessaire pour atteindre l'objectif visé en vue de rivaliser avec les prix concurrents.

Pour ce qui est du réacteur à uranium naturel et à réfrigérant gazeux avec pile à ralentisseur de graphite, le coût estimatif nous porte à croire qu'il aurait peu de chances d'atteindre l'objectif visé de 5 millièmes par kilowatt-heure si on le construit en Ontario à cause principalement de la proportion élevée de main-d'œuvre sur place et du coût élevé de cette main-d'œuvre au Canada.

Par ailleurs, le réacteur à l'uranium naturel utilisant l'eau lourde comme ralentisseur en construction au Canada est à l'abri des objections soulevées à propos des deux autres et aurait probablement l'avantage, avec le temps, de réduire les frais d'exploitation et d'approvisionnement en combustible, tendant ainsi à réaliser le facteur élevé de capacité à vie nécessaire pour concurrencer les centrales thermiques classiques en Ontario.

Pour ces raisons, l'Hydro-Ontario estime que le réacteur atomique construit au Canada offre les meilleures chances de s'intégrer dans ses réseaux avec succès. De plus, on croit que des réacteurs de ce genre assez perfectionnés seront disponibles en 1967.

La participation de l'Hydro-Ontario au programme nucléaire du Canada

C'est dans toute cette optique que l'Hydro-Ontario participe au programme nucléaire canadien depuis 1954, lorsqu'elle a envoyé des membres de son personnel travailler à Chalk River à une étude sur la possibilité de construire une petite centrale atomique expérimentale. L'entreprise du NPD-2 de Rolphton est une résultante de cette étude et la participation de l'Hydro-Ontario à cette entreprise correspond aux dispositions prévues dans les ententes maintenant déposées auprès du Comité spécial des recherches.

Par la suite, l'AECL a entrepris des travaux d'avant-projet et de mise au point d'une centrale industrielle et l'Hydro-Ontario a fourni les services à plein temps de quinze ingénieurs ainsi que les bureaux et laboratoires nécessaires à la nouvelle Division des centrales atomiques de l'AECL.

Après une certaine période de travaux d'avant-projet et de mise au point, l'Hydro-Ontario a accepté de participer aux derniers travaux de conception et de construction en cours de l'entreprise de Douglas Point. Aux termes de l'accord conclu, l'Hydro-Ontario fournit:

1. L'emplacement et les services d'incorporation de la centrale.
2. Les services de quinze ingénieurs prêtés à l'AECL.
3. Ses propres services internes de grands travaux de construction à moins du prix coûtant sous la direction des administrateurs de l'AECL chargée de l'entreprise.
4. Un personnel affecté à l'exploitation et à l'entretien de la centrale et formé aux frais de l'Hydro-Ontario.

En outre, l'Hydro-Ontario achètera l'énergie électrique produite par la centrale durant une période d'essai aux mêmes conditions que l'énergie achetée des centrales interconnectées. Quand il aura été démontré que le réacteur peut s'intégrer dans ses réseaux de façon satisfaisante au point de vue commercial,

l'Hydro-Ontario offrira à l'AECL de l'acheter à un prix que l'on établira de façon que le coût futur de chaque kilowatt-heure produit par la centrale soit comparable au coût de l'énergie produite par une centrale thermique classique.

Voilà un très bref exposé, monsieur le président. Dans une certaine mesure, à part certains renseignements additionnels, c'est un extrait d'un document que M. J. S. Foster et moi-même avons présenté l'année dernière à la conférence mondiale de l'énergie, document dont on a déjà parlé au cours des séances de votre Comité. Les renseignements contenus dans ce document visent un certain nombre des questions abordées dans ce bref exposé.

Le PRÉSIDENT: Y a-t-il des questions?

M. BRUNSDEN: Puis-je poser une question au témoin? Vous parlez d'une saute qui atteindrait 21 millions de kilowatts en 1980. Aujourd'hui, la puissance est de 5 millions de kilowatts, n'est-ce-pas?

M. SMITH: La capacité de production actuelle atteint presque 6 millions de kilowatts. Le premier chiffre que j'ai cité, c'était la charge; nous prévoyons que la capacité de production nécessaire sera de 21 millions de kilowatts en 1980.

M. BRUNSDEN: Je pense justement à l'année 1980. Comment pouvez-vous établir que vous aurez besoin de cette capacité en 1980?

M. SMITH: C'est en fait une extrapolation tirée d'un rapport de l'Hydro à la commission Gordon. On l'établit en se fondant sur la tendance de la charge du réseau depuis 1921 jusqu'à nos jours. Il s'agit simplement d'une extrapolation du facteur constant de cette tendance.

M. BRUNSDEN: Autrement dit, vous appliquez à l'avenir la courbe établie depuis cette date?

M. SMITH: Oui, et c'est pourquoi j'ai signalé que si l'on établit un parallèle entre cette tendance et les chiffres de la charge enregistrés en fait, on constate que la plupart du temps, ils ne s'écartent que très légèrement de la tendance et que la plupart du temps, ils ne s'en écartent jamais dans un sens ou dans l'autre pour plus de cinq ans.

M. KORCHINSKI: Vous avez parlé de l'achat d'une certaine quantité d'énergie. De quelle autre source achetez-vous cette énergie?

M. SMITH: Surtout de sources québécoises.

M. KORCHINSKI: Pourriez-vous continuer à l'acheter? Ces sources pourraient-elles encore vous approvisionner dans l'avenir?

M. SMITH: Cela dépend de la renégociation de contrats dont l'échéance s'échelonne d'ici douze ans.

M. KORCHINSKI: D'après ce que vous connaissez de leurs affaires, pensez-vous que ces fournisseurs disposeraient d'assez d'énergie pour vous approvisionner?

M. SMITH: Ils continueront d'avoir cette puissance de production. Quant à savoir si les compagnies voudront en faire un autre usage c'est une question à laquelle je ne pourrais répondre. Les centrales ne seront pas hors d'usage à ce moment-là.

M. KORCHINSKI: Ce que je veux savoir en fait, c'est s'il y aura là une source d'approvisionnement ou si vous devrez vous adresser ailleurs?

M. SMITH: Je ne saurais dire.

M. STEARNS: Ces fournisseurs ont-ils offert de vous vendre plus que les milliers de kilowatts que vous achetez présentement? Est-ce que Québec voudrait en vendre davantage?

M. SMITH: Pas que je sache. De fait, nous achetons de Québec des excédents d'énergie dès qu'ils deviennent disponibles et cela, en plus des engagements contractuels.

M. BRUNSDEN: Vous avez dit que les centrales au charbon devraient compter sur le combustible acheté des États-Unis. Ces achats des États-Unis sont-ils absolument essentiels ou pourriez-vous utiliser économiquement n'importe quelle houille?

M. STEWART: Peut-être M. Smith pourrait-il nous donner le prix par tonne des différents types de charbon, celui des provinces Maritimes et celui des États-Unis, par exemple?

M. SMITH: Je pourrais peut-être répondre à cette question en disant qu'une récente commande a été remplie en partie par du charbon de la Nouvelle-Écosse. Je ne suis pas certain des quantités exactes, mais si nous n'avions pas de centrales nucléaires en activité en 1980, les quantités requises seraient de l'ordre de vingt-six millions de tonnes par année. Il est bien probable que la plus grande partie de combustible devrait venir des États-Unis. A l'heure actuelle, nous recevons des soumissions de fournisseurs en concurrence et nous plaçons nos commandes à différents endroits.

M. STEWART: Pourriez-vous nous donner le coût par tonne livrée?

M. SMITH: Les prix varient. Je ne me souviens pas des soumissions exactes.

Le PRÉSIDENT: Le charbon de la Nouvelle-Écosse, c'est pour votre centrale de Toronto?

M. SMITH: Oui.

Le PRÉSIDENT: Dans une récente déclaration, vous avez parlé de la quantité requise. Était-ce 200,000 tonnes?

M. SMITH: C'est 250,000 tonnes de charbon de la Nouvelle-Écosse. Ces prix varient de temps en temps selon les fluctuations du marché. En général cependant, pour parler de la puissance calorifique,—c'est la seule façon d'établir une juste comparaison—ils s'établissent à 30 ou 35c. par million de b.t.u.

M. BRUNSDEN: Le transport de ce charbon de la Nouvelle-Écosse bénéficie-t-il d'une subvention du gouvernement?

M. SMITH: Je le crois. Il nous est impossible de connaître les détails. Nous recevons des soumissions pour des ventes de charbon et nous plaçons des commandes comme nous le ferions pour toute autre marchandise.

Le PRÉSIDENT: Il y a une subvention.

M. STEWART: Pourriez-vous nous donner le coût par kilowatt-heure provenant des différentes sources?

M. SMITH: Je pourrais vous signaler les échelles. Nous avons, dans nos réseaux, des centrales hydrauliques qui produisent de l'énergie à différents prix, à partir de pas beaucoup plus d'un millième par kilowatt-heure jusqu'à quatre millièmes. Il est probablement juste de dire que l'énergie hydro-électrique livrée aux centres de charge coûte un peu plus de 3 à 3.3 millièmes le kilowatt-heure. Pour ce qui est des centrales thermiques, le coût dépend de leur mode de fonctionnement et de la durée du fonctionnement. Le chiffre de 5 millièmes dont j'ai parlé dans mon exposé est à peu près le coût estimatif de l'énergie produite dans notre centrale la plus récente actuellement en construction à Lakeview, près de Toronto, si elle fonctionnait à 80 p. 100 de sa capacité, c'est-à-dire si elle produisait dans une année 80 p. 100 de l'énergie qu'elle pourrait produire en fonctionnant à pleine capacité.

M. STEWART: Voulez-vous dire que votre centrale nucléaire devrait produire davantage?

M. SMITH: C'est l'objectif que doivent viser les centrales nucléaires pour soutenir la concurrence.

M. DRYSDALE: Monsieur Smith, vous serait-il possible de nous dire quelle était la nature de l'enquête menée au sujet du réacteur utilisant l'eau lourde comme ralentisseur et si, à ce moment-là, vous avez obtenu le chiffre de 5 millièmes le kilowatt-heure? Vous nous avez dit que vous aviez étudié les trois types

de réacteurs, le réacteur utilisant l'eau ordinaire comme ralentisseur, le deuxième, à l'uranium naturel et à réfrigérant gazeux et l'autre, à l'uranium naturel et utilisant l'eau lourde comme ralentisseur. Pourriez-vous nous donner le coût total en millièmes par kilowatt-heure, au moment de la première estimation, et décomposer ce chiffre total en millièmes pour nous donner le coût des dépenses d'équipement, le montant en millièmes par kilowatt-heure, pour les dépenses d'immobilisation, le coût des transformations cycliques du combustible, les frais d'exploitation et d'entretien et le coût des assurances?

M. SMITH: Pour ce qui est du réacteur américain?

M. DRYSDALE: Puis-je vous demander quand vous avez fait votre première enquête?

M. SMITH: Que voulez-vous dire par «première»? A la suite de laquelle nous nous sommes engagés dans le CANDU?

M. DRYSDALE: Non, je veux dire la première enquête, lorsque l'Hydro-Ontario, je suppose, a participé au NPD, et ce qui vous a orientés vers le CANDU.

M. SMITH: Nous n'avons fait aucune enquête avant d'envoyer des hommes à Chalk River. Nous les avons d'abord envoyés là pour être au courant de l'affaire.

M. DRYSDALE: Dites-moi donc quand une enquête a été menée pour décider quel type de réacteur serait utilisé en Ontario, autrement dit, le réacteur CANDU?

M. SMITH: Elle s'est terminée vers le mois de mai 1957.

M. DRYSDALE: Cette enquête est-elle disponible? Avez-vous les détails que j'ai demandés à ce sujet?

M. SMITH: Par bribes. Je dis cela parce que l'étude sur le réacteur utilisant l'eau lourde comme ralentisseur a été mise à la disposition de notre personnel en mai 1957.

M. DRYSDALE: Par la suite, a-t-on fait des études comparatives de ces divers réacteurs d'après les détails que j'ai demandés?

M. SMITH: Oui.

M. DRYSDALE: Quand?

M. SMITH: A peu près vers la même époque, au sujet d'un réacteur anglais. Et nous nous sommes rendus en Grande-Bretagne pour nous entretenir de nos coûts et des leurs avec les autorités là-bas. Ensuite, nous en avons discuté avec des fonctionnaires de la Commission de l'énergie atomique des États-Unis et pour ce qui est de l'étude, nous n'avons fait aucune analyse technique détaillée du projet américain. Nous avons simplement pris les chiffres publiés.

L'analyse la plus récente est celle dont il était question dans le document de la conférence mondiale de l'énergie où nous avons en fait considéré comme chiffres américains une étude présentée à la Commission de l'énergie atomique des États-Unis.

M. DRYSDALE: L'Hydro-Ontario a décidé de réaliser le CANDU. A-t-on établi des comparaisons, ainsi que vous nous l'avez laissé entendre aujourd'hui? Ces comparaisons sont-elles disponibles et avez-vous la décomposition dans les détails que j'ai demandés?

M. SMITH: J'ai fait moi-même une comparaison mais je n'ai pas les chiffres ici. Je ne suis pas certain que l'Hydro-Ontario consente à les publier. Il me faudrait demander la permission. Je l'ai faite en 1957, au moment où Sir Christopher Hinton avait fait des prévisions sur le coût et les frais à venir, au Royaume-Uni, pour le réacteur construit dans ce pays. Nous avons adapté ses calculs à la situation au Canada.

M. DRYSDALE: Vous nous avez dit que ces deux autres types de réacteurs ne donnent pas satisfaction. J'ai supposé que vous auriez un décompte comparatif qui nous révélerait chaque facteur pris en considération.

M. SMITH: Je ne puis être certain de ce chiffre sans me reporter à mes études, mais si je me souviens bien, nous avons calculé que le coût du réacteur britannique construit en Ontario et dans la conjoncture ontarienne pourrait s'établir à 7 millièmes en 1980. Ce calcul a été en partie confirmé je pense, par un document présenté par M. Arms, du Royaume-Uni, à un congrès de la C.E.A. en 1959.

M. DRYSDALE: Quand avez-vous prévu que le coût serait de 5 millièmes par kilowatt-heure?

M. SMITH: Ce calcul a été fait en même temps, en 1957.

M. DRYSDALE: Et quand avez-vous dit que vous espériez atteindre cet objectif?

M. SMITH: J'ai dit que nous espérions avoir démontré, grâce surtout à l'entreprise de Douglas Point et grâce aussi au NPD, que nous pouvons avoir de telles centrales en activité pour 1967.

M. DRYSDALE: Êtes-vous au courant d'un document publié par la société DuPont sur l'eau lourde où il est dit que la Commission de l'énergie atomique des États-Unis a comme objectif d'atteindre 6.57 millièmes pour 1957? Quelle est la différence, si différence il y a, dans la base des calculs américains?

M. SMITH: Je ne connais pas cette question dans le détail, mais je suppose qu'on s'est fondé sur les tarifs fixes des services d'utilité publique en vigueur aux États-Unis.

M. DRYSDALE: Quelle différence cela ferait-il pour les chiffres sur lesquels vous fondez vos calculs?

M. SMITH: Ce serait un facteur de deux sur la portion des taux fixes, ce qui donnerait à peu près un millième et demi en chiffres ronds. Je cite ces chiffres de mémoire et je ne puis être précis, mais la proportion des tarifs fixes est environ de deux à un.

M. BRUNSDEN: La conjoncture, au Royaume-Uni et aux États-Unis, se compare-t-elle assez bien à celle du Canada pour vous permettre d'employer ces données avec assez d'assurance?

M. SMITH: Seulement si on les interprète dans l'optique de la situation qui prévaut au Canada ou même, devrais-je dire, des besoins de l'Hydro-Ontario car les conditions ne sont pas les mêmes partout dans notre pays.

M. BRUNSDEN: Et vous les transposez?

M. SMITH: Oui.

M. DRYSDALE: C'est ce que je voulais demander. Avez-vous établi une comparaison entre ces trois ensembles de données à la lumière de la situation qui prévoit en Ontario?

M. SMITH: Pour ma part, la dernière comparaison que j'ai faite était reflétée dans mon rapport à la conférence de l'énergie en 1960.

M. DRYSDALE: Rapport que nous n'avons pas lu. serait-il possible de voir ces données?

Le PRÉSIDENT: Auriez-vous des exemplaires supplémentaires de ce document, monsieur Smith?

M. SMITH: J'ai bien peur que non.

M. DRYSDALE: Monsieur Smith, puis-je vous poser la question suivante? Ai-je raison de supposer que les termes du contrat que vous avez exposés dans votre document garantissent en fait à l'Hydro-Ontario un coût maximum de cinq millièmes le kilowatt-heure?

M. SMITH: A Douglas Point? Je dirais qu'en somme, c'est exact. Ce que l'entente peut nous garantir, c'est que si la centrale donne satisfaction—il faut en fait qu'elle s'intègre de façon satisfaisante dans notre réseau—nous ferons

à l'AECL une offre d'achat de la centrale à des conditions telles que le coût de l'énergie produite par cette centrale pourrait concurrencer le coût de l'énergie produite dans des centrales classiques, dans les mêmes conditions.

M. DRYSDALE: Et que pensez-vous qu'il sera?

M. SMITH: Cinq millièmes le kilowatt-heure.

M. NUGENT: Monsieur Smith, je n'ai pas eu l'occasion de poser ces questions quand nous avons parlé du coût de la chaleur houillère. Vous avez dit que c'est 30 ou 35c. par million de b.t.v? Je me demande s'il faudrait transporter ce charbon, ce qui me fait penser au coût de la transmission de l'électricité. Coûte-t-il moins cher de transporter le charbon jusqu'à la centrale que de construire une centrale près d'une houillère et de transmettre l'électricité?

M. SMITH: Dans notre cas, certainement, car nous n'avons pas de charbon facilement accessible.

M. NUGENT: Je pense aux problèmes que pose la transmission de l'électricité. Connaissez-vous le coût de la transmission de l'électricité par mille ou la perte d'énergie au cours de la transmission? Quel est le pourcentage de perte?

M. SMITH: Je n'ai que des chiffres très approximatifs; ils ne sont donc pas très utiles. Il faut les appliquer à des cas précis. Le chiffre est à peu près de l'ordre d'un millième par kilowatt-heure pour une ligne de 250 à 300 milles de longueur et dont la charge est assez élevée. Trop d'éléments entrent en jeu pour permettre de donner une simple réponse à cette question.

M. NUGENT: Je pensais bien que la réponse pourrait être complexe. Peut-être pourriez-vous donner une réponse simple à la question suivante, cependant. Quelle est la distance maximum à laquelle votre compagnie a pu trouver une source d'approvisionnement?

M. SMITH: Vers l'année 1966, nous prévoyons transmettre de l'énergie depuis le réseau de la rivière Moose jusqu'à Toronto, soit à peu près 500 milles en chiffres ronds. Il s'agit ici d'énergie hydro-électrique.

M. NUGENT: Avez-vous une méthode qui vous permette de vérifier le montant de la perte? J'ai toujours cru que la perte par mille résultant de la résistance était statique ou constante. L'est-elle?

M. SMITH: Non, tout dépend de la nature de la ligne, de la charge, de l'heure ou de la saison.

M. NUGENT: Ce n'est pas un facteur constant?

M. SMITH: Le constructeur de la ligne peut choisir son modèle. La perte est un facteur à prendre en considération, mais il y en a d'autres.

Le PRÉSIDENT: La perte est-elle plus grande pour le dernier mille que pour le premier?

M. SMITH: Si vous parlez d'une ligne simple transmettant directement l'énergie de la source à la charge, la perte d'énergie pour le dernier mille serait moindre que pour le premier mille.

M. STEARNS: La perte serait plus forte si la ligne est surchargée?

M. SMITH: La surcharge augmente la perte mais, même s'il n'y a pas surcharge, elle augmente rapidement avec la charge.

M. NUGENT: Même si ces chiffres varient, il devrait être possible, je suppose, de faire un certain calcul, car le coût du transport du charbon sur de grandes ou assez grandes distances est un facteur connu qui s'ajoute au coût du combustible. Je suppose donc que vous avez fait des études où la perte est évaluée comme élément du coût. Autrement dit, on peut dire, il me semble que trois millièmes d'électricité transportée sur un certain nombre de milles n'est en somme qu'un autre élément du coût. Il y a moins d'énergie à l'arrivée qu'au départ.

M. SMITH: C'est exact.

M. NUGENT: Donc, le coût a augmenté. A-t-on fait des études pour établir après quelle distance maximum le coût de la transmission devient excessif?

M. SMITH: Une étude se fait pour chaque entreprise et c'est une étude très détaillée. Quand nous entreprenons de construire une centrale hydro-électrique dans le nord, par exemple, nous ne le faisons pas sans savoir ce qu'il nous en coûtera pour transporter l'énergie à tel centre de charge dans le sud. Dans le cas du réseau de la rivière Moose, dont j'ai parlé tout à l'heure, nous avons fait des études très fouillées—il s'agit d'un réseau combiné et non d'une simple centrale génératrice—sur le réseau de transmission et son intégration dans le réseau déjà établi. Cela se fait dans chaque cas.

M. STEARNS: Que pensez-vous que sera le coût au mille pour la ligne de 500 milles partant de la rivière Moose?

M. SMITH: Par mille? Ce serait de l'ordre de \$85,000. Dans certains cas, ce sera plus de \$100,000. Tout dépend de l'endroit.

M. NUGENT: Il y a deux éléments du coût dont il faut tenir compte dans la transmission de l'électricité; le coût de la construction de la ligne et le coût de la perte d'énergie au cours de la transmission.

M. STEARNS: Pour une ligne de 1,000 milles, est-ce que les dépenses d'établissement seraient de l'ordre de 85 millions?

M. SMITH: Pas nécessairement. On ne construirait pas nécessairement le même modèle de ligne pour une transmission de 1,000 milles. En fait, je ne vois pas comment on pourrait construire une ligne comme la nôtre pour une transmission de 1,000 milles. La tension est trop faible, je pense, dans la plupart des cas, pour permettre de soutenir la concurrence du point de vue économique.

M. NUGENT: L'intérêt que je porte à cette question va un peu plus loin. Je cherche à comprendre certains des problèmes qui se poseront chez nous en Colombie-Britannique, à Kootenay et ailleurs. Cette énergie doit être livrée à Vancouver. Je cherche à établir, si possible, une comparaison entre ce que vous avez expérimenté en transportant du charbon sur une distance considérable pour produire de l'électricité sur place et, d'autre part, le coût du transport de l'électricité sur une distance considérable. D'après ce que vous me dites, il n'existe pas de chiffres précis qui nous permettraient de calculer le coût exact de la transmission de l'électricité par mille. Il n'existe pas de chiffre sûr.

M. SMITH: Cela dépend entièrement des circonstances. Par exemple, nous construisons une centrale thermique à Toronto. Quelle autre solution aurions-nous? Où pourrions-nous construire une centrale thermique pour ensuite transmettre l'énergie? Où est l'autre solution? Pour construire une centrale à l'entrée de la houillère, pour ainsi dire, il faudrait aller loin de Toronto, n'est-ce pas? Je ne connais pas au juste la distance, mais c'est probablement environ deux mille milles.

M. NUGENT: C'est justement le point. Votre compagnie ou toute autre compagnie d'utilité publique a-t-elle, à votre connaissance, fait une étude dans un cas où l'on aurait eu le choix entre construire une centrale à proximité d'une source d'approvisionnement de charbon afin de transmettre l'énergie à une ville ou une industrie d'une part et, d'autre part, transporter le charbon jusqu'à cette ville ou cette industrie afin de produire l'énergie sur place?

M. SMITH: Je suis certain que nombre de compagnies d'utilités publiques ont fait de telles études. Les Anglais ont fait exactement cela chaque fois qu'ils ont eu à construire une nouvelle centrale à l'intérieur même de leur pays.

M. NUGENT: Ils doivent fonder leurs calculs sur un coût connu ou normal de transmission par mille.

Le PRÉSIDENT: Vous oubliez un facteur important: la subvention au charbon pour ces centrales de l'Ontario.

M. NUGENT: Peut-être.

M. SMITH: Il s'en tient probablement à des données économiques d'ordre technique. Il y a une façon classique d'aborder ce problème économique et presque tout le monde s'y prend de cette façon. Toutefois, il n'existe aucune méthode empirique ni aucun manuel qui permette d'établir avec précision que dans toutes les circonstances imaginables, on peut ou ne peut pas transmettre économiquement de l'énergie sur une certaine distance. Par exemple, la centrale que nous construisons présentement dans le nord produira l'énergie sur place pour deux millièmes par kilowatt-heure. Mettons qu'une analyse économique détaillée nous oblige à ajouter un autre millième par kilowatt-heure pour la transmission à Toronto, ou bien un millième et demi ou même un millième et trois quarts. L'énergie se trouve livrée à Toronto à moins de cinq millièmes qui représente le coût de production de la centrale thermique classique, premier point de comparaison. Par contre, si cette génératrice dans le nord avait produit à raison de trois millièmes et demi par kilowatt-heure, comme c'est le cas de certaines autres centrales, ce ne serait pas économique.

M. NUGENT: Cela m'amène à examiner ce que vous avez dit au sujet de vos achats réguliers d'excédents d'énergie du Québec par contrat. Quant à vos sources possibles d'énergie d'ici 1980, vous nous avez dit que vous auriez besoin de 21 millions de kilowatts et, si je comprends bien, une partie de cette capacité sera produite par des centrales thermiques et une autre partie par des centrales atomiques. Vos études sur l'énergie hydro-électrique portent-elles sur l'Ontario seulement et sur les régions vers lesquelles on peut la transmettre économiquement—la région de Toronto, par exemple—ou bien avez-vous aussi étudié le Québec et l'énergie que l'Hydro-Québec, je crois, pourrait vous fournir dans un avenir prévisible?

M. SMITH: Les chiffres que j'ai cités visent l'Ontario et s'appliquent à la transmission de l'énergie dans le seul réseau dont j'ai parlé.

M. NUGENT: C'est-à-dire qu'ils s'appliquent à la transmission de l'énergie dans une région située à une distance raisonnable, n'est-ce pas?

M. SMITH: Oui. Nous pensons que les ressources non harnachées mais connues ont un potentiel de 2 millions de mégawatts. Quand nous ferons une analyse détaillée, nous constaterons qu'il faudra supprimer certains emplacements mais par contre, il faudra peut-être en ajouter d'autres que nous n'avons pas encore découverts.

M. NUGENT: Dans la province de Québec, je suppose que la situation est sensiblement la même. Devons-nous comprendre qu'ils ont de plus grandes ressources hydrauliques exploitables?

M. SMITH: Ils ont certainement de plus grandes ressources hydrauliques.

M. NUGENT: Il se peut que certaines de ces ressources soient exploitées afin de remplacer les engagements existants. Existe-t-il un potentiel que Québec pourrait exploiter et qui lui permettrait de vous fournir plus d'énergie qu'à l'heure actuelle dans un rayon raisonnable?

M. SMITH: Cela dépend du programme de Québec.

M. NUGENT: Je vois.

M. SMITH: Je ne connais pas la réponse.

M. NUGENT: Ces chiffres sont-ils connus? A-t-on fait les relevés?

M. SMITH: Non.

M. NUGENT: Vos gens ont-ils fait ces calculs?

M. SMITH: Non.

Le PRÉSIDENT: La province de Québec a-t-elle déjà résilié un de ses contrats avec l'Hydro-Ontario ou réduit les quantités prévues dans ces contrats?

M. SMITH: Pas que je sache.

Le PRÉSIDENT: Depuis combien de temps êtes-vous au service de l'Hydro-Ontario?

M. SMITH: Depuis 21 ans. Quand vous parlez de réduire des quantités, vous voulez dire des quantités d'énergie?

Le PRÉSIDENT: Oui. Voici ce que je veux dire. A votre connaissance, d'après ce que vous savez de l'histoire de l'Hydro-Ontario, Québec a-t-il déjà résilié un de ces contrats avec l'Hydro-Ontario?

M. SMITH: Pas que je sache.

Le PRÉSIDENT: Il faudrait chercher plus loin.

M. STEARNS: Si de l'énergie était disponible à Shipshaw, pourrait-on la transmettre jusqu'en Ontario économiquement?

M. SMITH: Pourrait-on, dites-vous?

M. STEARNS: Oui?

M. SMITH: Je ne connais pas la réponse à cette question.

M. NUGENT: Ma question sera dans la même veine. Connaissez-vous la source de l'énergie que Québec vous vend? A quelle distance se trouve-t-elle?

M. SMITH: Oui. Il y a plusieurs sources. A quelle distance? Je dirais qu'en moyenne, c'est environ 230 milles; entre 230 et 260 milles. Je regrette de ne pouvoir me souvenir de tous ces détails. Je n'ai pas apporté ces contrats.

M. KORCHINSKI: Nous avons beaucoup entendu parler d'un réseau électrique intégré pour tout le Canada. Je me demande si cette proposition est pratique. D'après ce que vous nous dites ce matin, je crois comprendre que cette idée n'est presque pas réalisable.

M. SMITH: Je ne saurais dire si c'est réalisable ou pas. Vous parlez là d'une étude très fouillée pour déterminer si c'est réalisable, sans parler des aspects économiques de la proposition.

M. KORCHINSKI: Vous nous laissez entendre que le coût maximum devrait être de cinq millièmes par kilowatt-heure, peut-être. Est-ce le coût actuel ou bien celui que vous visez pour l'année 1980, mettons? Je pense ici à l'inflation et autres éléments semblables.

M. SMITH: C'est notre coût estimatif de l'énergie produite par notre centrale thermique classique utilisant du charbon, dans la région de Toronto.

M. KORCHINSKI: A l'heure actuelle.

M. SMITH: Oui, lorsqu'elle fonctionne à un haut facteur de capacité.

M. KORCHINSKI: Si vous extrapolez ces chiffres à l'année 1980, en prolongeant la courbe de la tendance inflationniste et ainsi de suite, peut-être que le coût deviendrait exorbitant?

M. SMITH: C'est possible.

Le PRÉSIDENT: Et les centrales aménagées entre Windsor et Toronto, quel combustible utilisent-elles? Vous avez une centrale à Windsor?

M. SMITH: Du charbon.

Le PRÉSIDENT: Quel charbon? Quel charbon utilise-t-on à Windsor?

M. SMITH: Ces derniers temps, nous n'avons consommé que très peu de charbon. La centrale de Windsor n'est en activité qu'une petite fraction du temps car c'est une usine à faible rendement. Pour autant que je sache, il s'agit de charbon américain.

Le PRÉSIDENT: Vous ne savez pas quel prix on l'a payé?

M. SMITH: Non. Je suis certain toutefois que nous avons payé différents prix pour le charbon acheté par plusieurs commandes. Ce serait de l'ordre des prix que j'ai déjà mentionnés, 30 à 35c. par million de b.t.u.

Le PRÉSIDENT: Je pense que certains députés commencent à savoir le prix du charbon.

M. NUGENT: Avez-vous abordé la question de l'énergie atomique pour cette usine, vu que c'est une façon de réduire le coût de la production de l'électricité —je suppose, d'ailleurs, que cette recherche coûte assez cher. Quelles recherches votre compagnie fait-elle sur le coût de la transmission de l'électricité, afin de voir s'il peut se comparer et de savoir quel serait ce coût, en vue d'améliorer le rendement de votre porteur de courant?

M. SMITH: Je ne suis pas certain d'avoir compris ce que vous voulez dire quand vous parlez de comparaison possible. Dernièrement, nous avons plus ou moins terminé une expérience sur la transmission à très haute tension. Cette expérience, une fois terminée, nous aura coûté quelque chose comme un million et quart de dollars.

M. NUGENT: C'est une somme très considérable.

M. SMITH: Nous faisons beaucoup de travaux d'analyse—si l'on peut dire que c'est de la recherche et, dans un certain sens, c'est bien de la recherche—au sujet de tout ouvrage de transmission dont nous entreprenons la réalisation, mais il ne s'agit pas de la même catégorie de dépenses que celles que nous nous sommes engagés à faire pour des travaux dans le domaine nucléaire.

M. STEARNS: Combien coûterait une centrale thermique comme celle de Toronto, si elle était de la même dimension que celle de Douglas Point? Quelles seraient, en gros, vos dépenses d'immobilisation pour chaque centrale de cette dimension?

M. SMITH: Je pense que ce serait de l'ordre de \$150 à \$160 par kilowatt installé. Ce chiffre pourrait probablement varier sensiblement selon les conditions de l'emplacement qu'on vous offre ou que vous choisissez. Les fluctuations, ici, pourraient être considérables.

M. STEARNS: Ne faudrait-il pas la construire dans un port, ou un hâvre où les navires peuvent décharger le charbon?

M. SMITH: Oui. Il ne faudrait pas nécessairement que ce soit un port, je pense, mais il faut pouvoir apporter le charbon et disposer d'énormes quantités d'eau pour le refroidissement.

M. DRYSDALE: Auriez-vous, par hasard, une comparaison entre les chiffres concernant le réacteur à l'uranium naturel et le réacteur utilisant l'eau ordinaire comme ralentisseur, par rapport aux dépenses d'approvisionnement en uranium naturel. Vous avez déclaré:

Le réacteur utilisant l'eau ordinaire comme ralentisseur ne répond pas aux conditions posées ci-dessus pour deux raisons. Il n'utilise pas l'uranium naturel comme combustible et le coût estimatif du combustible représente une portion importante du coût total de l'unité d'énergie, ce qui fait qu'il pourrait bien ne pas répondre au facteur élevé de capacité à vie nécessaire pour atteindre l'objectif visé en vue de rivaliser avec les prix concurrents.

M. SMITH: Oui.

M. DRYSDALE: Quelle serait la capacité en tonnes, dans le cas de l'uranium enrichi, et quel serait le coût?

M. SMITH: Si vous me permettez de lire une demi-page du rapport que j'ai présenté l'année dernière, cela répondrait à la question. J'en étais arrivé au point où, dans mon document, j'abordais, je pense, la question des réacteurs utilisant l'eau ordinaire. Il y est dit:

Des études menées pour le compte de la Commission de l'énergie atomique des États-Unis...

Il s'agit d'un résumé et rapport d'études menées sur la valeur des centrales nucléaires, par la Commission américaine de l'énergie atomique, n° TID-8504 (mai 1959).

...au début de 1959, ont prévu des dépenses d'immobilisations de \$252 par kW pour une centrale de 236 MW utilisant un réacteur perfectionné

à eau sous pression et de \$290 par kilowatt pour une centrale de 306 MW utilisant un réacteur à l'eau bouillante. On parvient à obtenir ces dépenses d'immobilisations raisonnables en utilisant des combustibles enrichis. Dans les mêmes études, on estimait que le coût des transformations cycliques du combustible se situerait entre 2.7 et 3.1 millièmes par kilowatt-heure pour les deux modèles de centrales.

Voilà pour le coût du combustible.

Les calculs sur la rentabilité de ces centrales se fondent sur une durée de 30 ans, un coefficient de puissance à vie de 80 p. 100 et des frais d'entretien et d'exploitation de 0.5 millième par kilowatt-heure. En prenant les mêmes données, mais en adoptant un tarif fixe de 6.14 p. 100 (c'est le taux approprié pour une durée de 30 ans, aux conditions de financement propres au réseau en question)...

C'est-à-dire le chiffre approprié pour une durée de 30 ans en fonction des mêmes conditions qui se posent à nous pour le coût du CANDU.

...le coût total de l'énergie varie de 5.4 à 5.8 millièmes par kilowatt-heure pour la centrale à eau sous pression et de 5.7 à 6.1 millièmes par kilowatt-heure pour la centrale à eau bouillante. Vu que ces études portent sur des modèles perfectionnés et que ce sont des sociétés compétentes qui connaissent ces modèles à fond et depuis longtemps qui les ont faites, il semble que ni l'une ni l'autre des deux centrales ne permettrait à l'Hydro-Ontario d'atteindre l'objectif visé de 5 millièmes par kilowatt-heure pour une centrale de 200 mégawatts.

En outre...

Et voici, à mon sens, un point important...

...il est douteux que dans le réseau en question...

C'est-à-dire le réseau de l'Hydro-Ontario...

...une centrale dont les frais de combustible s'élèvent à pas moins de 2.7 à 3.1 millièmes par kilowatt-heure permette une utilisation équivalente à un coefficient de capacité de 80 p. 100 pour une période de 30 ans.

Je ferai remarquer que, pour autant que je sache, des coefficients de capacité de cet ordre n'ont jamais été réalisés pour la durée de vie de centrales thermiques où que ce soit dans le monde. Ce sont des chiffres élevés, 38 p. 100; et si l'on vous offre une centrale qui produit de l'énergie à 5 millièmes le kilowatt-heure, dont le combustible représente les trois cinquièmes de ce coût, et si, par ailleurs, on vous en offre une autre qui produit elle aussi de l'énergie à 5 millièmes le kilowatt-heure, mais dont le combustible ne représente que le cinquième de ce coût, et si les deux doivent fonctionner durant toute leur vie à un haut coefficient de capacité, soit à 80 p. 100 de leur puissance totale durant 30 ans, laquelle des deux choisirez-vous? Dans de telles circonstances, votre choix ne semble guère douteux.

M. DRYSDALE: Voici, à mon sens, quelle est la difficulté, et j'aimerais que vous nous disiez ce que vous en pensez. M. Pitman, directeur de la mise au point, à la Commission de l'énergie atomique des États-Unis, a mené une enquête. Je suppose que vous êtes bien au courant de cette comparaison entre les différents réacteurs américains. Au moment de cette enquête, la pile à eau sous pression était celle qui donnait le plus de satisfaction et pour une centrale de 300 mégawatts, selon les différentes données que vous connaissez et dont les Américains se servaient, il avait calculé un coût possible minimum de 7.81 millièmes le kilowatt-heure. En prenant les mêmes points de comparaison, pour le réacteur utilisant l'eau lourde, il a calculé qu'en 1967 ou 1968, le coût serait de 9.03 millièmes le kilowatt-heure. C'est pour cette raison que j'étais intéressé à connaître les données à la base de votre estimation et à en connaître

les détails, comme M. Pitman les a exposés au sujet des dépenses d'établissement, de combustible, d'exploitation et d'entretien car, même si le coût de votre combustible peut être minime dans ce cas, les dépenses d'établissement seront encore très élevées.

M. SMITH: J'aurais deux observations à faire. La première, c'est que M. Pitman a modifié ses chiffres après qu'on lui eut fait remarquer que ses données de base n'étaient pas justes.

M. DRYSDALE: Il y a eu deux séries de chiffres. Pour commencer, en se fondant sur les connaissances techniques du temps, il avait dit 12.5 millièmes le kilowatt-heure. Par la suite il a modifié ce chiffre.

M. SMITH: Je pense qu'il a modifié le chiffre minimum d'un millième ou à peu près. J'ai oublié le chiffre exact. Il se servait d'un tarif fixe élevé. Ils se servent couramment de 12 ou 14 p. 100 et lui s'est servi, semble-t-il de 14 p. 100. Cela se compare à l'analyse que nous avons faite pour application en Ontario.

M. DRYSDALE: Quel est votre tarif fixe? Il a dit:

Toutes les données du coût se fondent sur un facteur de charge prévu de 80 p. 100, un tarif fixe de 14 p. 100 et une valeur du plutonium de \$12 le gramme.

M. SMITH: Nous avons laissé de côté la valeur du plutonium et avons utilisé un tarif fixe composé de 6.35 p. 100. Cela se fonde sur un taux d'intérêt à long terme de 4½ p. 100. Je ne sais pas ce qu'il a utilisé, mais c'était probablement le même chiffre de 14 p. 100.

M. DRYSDALE: C'est peut-être ce qui crée la différence dans la comparaison entre les chiffres.

M. SMITH: C'est une différence fondamentale.

M. DRYSDALE: Il s'agit des dépenses d'établissement.

M. SMITH: C'est pourquoi nul ne peut dire avec certitude que parce qu'un certain réacteur ou une certaine centrale nucléaire convient à tel emplacement ou à telles circonstances, il est approprié à tous lieux et à toutes circonstances. Il existe des différences prononcées, non seulement dans les conditions d'exploitation, mais aussi dans les conditions de financement.

M. DRYSDALE: Avez-vous des chiffres en dollars pour chaque kilowatt d'électricité produit par le CANDU et par le NPD?

M. SMITH: Le NPD est bien plus élevé, c'est évident, car il s'agit d'une petite centrale. Le coût est de \$1,600 le kilowatt. Pour le premier réacteur de Douglas Point, c'est environ \$400.

Le PRÉSIDENT: Monsieur Smith, vous êtes au service de l'*Atomic Energy of Canada Limited* et en même temps au service de l'Hydro?

M. SMITH: Oui, surtout au service de l'Hydro-Ontario.

Le PRÉSIDENT: Quelle compagnie vous verse votre traitement? En partagent-elles les frais?

M. SMITH: Je reçois mon chèque de l'Hydro-Ontario.

Le PRÉSIDENT: Quelqu'un a dit, je pense, que vous étiez sur la liste de paie de l'AECL?

M. SMITH: La meilleure réponse, je crois, c'est de dire que l'AECL rembourse l'Hydro-Ontario pour les services que je lui rends.

M. NUGENT: Si je vous ai bien compris, lorsque vous avez parlé du chiffre de 80 p. 100...

M. SMITH: Pour le facteur de capacité?

M. NUGENT: Oui. C'est-à-dire la proportion du rendement, une capacité de 80 p. 100. Avez-vous dit que 38 p. 100 est un rendement normal élevé pour une centrale thermique?

M. SMITH: Pour un facteur de capacité à vie; c'est le facteur de capacité moyen du fonctionnement de la centrale pendant toute sa durée. Les centrales thermiques qui viennent d'entrer en activité sont les plus efficaces du réseau et par conséquent les responsables du réseau cherchent à utiliser ces nouvelles centrales selon leur point de fonctionnement le moins coûteux. Mais la situation est différente 20 ans plus tard. D'autres réacteurs auront tout changé à cause d'une efficacité plus élevée ou de l'amélioration du rendement au cours des ans. Le facteur de 38 p. 100 dont nous parlons est un facteur de capacité à vie.

M. NUGENT: Vous voudrez bien rectifier si je me trompe. Ce qui arrive, je pense, c'est que vos centrales thermiques sont accouplées pour les périodes de charge maximum et que vous vous servez surtout de vos centrales hydro-électriques.

M. SMITH: En Ontario, c'est exact.

M. NUGENT: Mais ce chiffre de 38 p. 100 ne se rapporte donc pas à la durée de son fonctionnement?

M. SMITH: L'année dernière, le facteur de capacité moyen de la centrale existante, notre centrale thermique, a été d'environ 3 p. 100.

M. NUGENT: Trois pour cent de sa capacité totale, elle n'a été utilisée que dans cette mesure?

M. SMITH: De son rendement énergétique total, c'est tout ce que nous avons utilisé, mais non de sa pleine capacité. Il y a peut-être quelque chose d'embrouillé ici.

M. NUGENT: Je suis un peu perdu.

M. SMITH: A l'heure actuelle, nous nous servons dans la limite du possible de nos centrales hydrauliques car elles produisent l'énergie la moins chère. La puissance de ces centrales hydrauliques ne suffit pas pour répondre aux besoins des périodes de pointe, celle de décembre en particulier, et par conséquent, nous utilisons notre centrale thermique classique en plus, pourrait-on dire, des centrales hydrauliques, pour les périodes de pointe; il n'y a là qu'une faible quantité d'énergie. Si nous avions des ressources hydrauliques illimitées, nous continuerions à faire de même. En fait, nous pourrions peut-être, durant la période de pointe, répondre à une grande partie de la demande grâce à nos centrales hydrauliques. Si certaines centrales pouvaient nous assurer à bon compte une capacité de crête, nous les construirions, mais n'avons pas une capacité hydraulique illimitée et, je le répète, d'ici à peu près 19 ans, nous prévoyons avoir besoin de 12 millions de kilowatts produits par des centrales thermiques d'un type ou l'autre. Ces centrales ne serviront ni comme centrales de base, ni comme centrales de crête. Elles seront l'une et l'autre.

M. NUGENT: Y a-t-il une tendance vers une fluctuation plus prononcée entre le facteur de charge de pointe et le facteur de charge minimum?

M. SMITH: Non, non.

M. NUGENT: Est-il constant?

M. SMITH: Dans nos réseaux, le facteur de charge est constant à 63½ p. 100 depuis de très nombreuses années.

M. NUGENT: Donc, toute proportion gardée, le facteur des périodes de pointe ne sera pas plus élevé?

M. SMITH: Nous ne le prévoyons pas.

M. STEARNS: Mais la pluie influe beaucoup sur l'exploitation du réseau hydraulique seulement.

M. SMITH: Oui, certainement. Certaines régions connaissent des années de faibles précipitations et, arrive un hiver de faible niveau d'eau, nous devons utiliser la centrale à vapeur.

Le PRÉSIDENT: L'eau que la dérivation de Chicago tirerait des Grands lacs affaiblirait votre capacité, n'est-ce pas?

M. SMITH: Non.

Le PRÉSIDENT: On pourrait tirer 10,000 pieds cubes de plus par seconde et cela n'affaiblirait pas votre capacité?

M. SMITH: Je ne suis pas certain qu'on puisse tirer 10,000 pieds cubes de plus.

Le PRÉSIDENT: Si une dérivation de 10,000 pieds l'affaiblit, est-ce qu'une dérivation de 1,000 pieds ne l'affaiblirait pas?

M. SMITH: Tout dépend de la capacité des installations de Niagara. C'est une entreprise conjointe du Canada et des États-Unis.

Le PRÉSIDENT: J'ai parlé tout à l'heure de résiliation de contrats. Vous souvenez-vous que l'Hydro-Ontario ait résilié des contrats avec l'Hydro-Québec?

M. SMITH: On m'a dit que c'était arrivé. Je ne connais pas les détails.

Le PRÉSIDENT: Il y a bien longtemps de cela.

M. DRYSDALE: Pouvez-vous nous dire combien de temps durera la période de contrôle sous le régime du contrat entre l'Hydro-Ontario et l'AECL?

M. SMITH: C'est pure conjecture de ma part, évidemment, mais je pense que ce devrait être pas moins de deux ans et, je l'espère, pas plus de quatre ans.

M. DRYSDALE: L'arithmétique, même l'arithmétique de base, ce n'est pas mon fort. Si tout va bien, à quel prix achèterez-vous la centrale de l'AECL? Je parle du coût final.

M. SMITH: Nous ne le savons pas encore. Si l'on constate que l'approvisionnement de la centrale en combustible coûte très peu...

M. DRYSDALE: Pourriez-vous nous dire à peu près combien, plus ou moins, vous pensez que cela va coûter?

Le PRÉSIDENT: Auriez-vous des doutes au sujet de la déclaration de M. Gray qui a dit qu'à son avis, ce serait peut-être 60 millions?

M. SMITH: Si tout va bien, c'est un montant plausible.

M. DRYSDALE: Je connais l'estimation de M. Gray. Je m'adresse à M. Smith. Je voudrais connaître ses prévisions à lui.

M. SMITH: Tout dépend du degré d'optimisme. Si tout va très bien, c'est un montant plausible. Si tout va très mal, le montant est trop élevé.

M. DRYSDALE: Pourriez-vous me donner un minimum et un maximum? Il ne s'agit que d'une estimation.

M. SMITH: Non, je ne le puis parce que cela dépend, par exemple de la preuve à établir que le refroidisseur de la centrale perd de fortes ou de faibles quantités d'eau lourde. C'est un facteur qui pourrait entraîner des fluctuations considérables du prix, dans un sens ou dans l'autre.

M. DRYSDALE: C'est votre principal inconnu. Que pensez-vous qu'il pourrait être par suite des fuites d'eau lourde? Voilà l'élément-clé. C'en est un très important.

M. SMITH: Il est très important et très inconnu. En fait, c'est ce qui décidera si la centrale fonctionne ou non. C'est pourquoi nous construisons le NPD - 2, afin de savoir.

M. DRYSDALE: Je comprends bien cela, mais comme les ingénieurs, je suppose que vous avez dû calculer quel serait le pourcentage prévu des fuites et devez espérer ne pas perdre ce chiffre.

M. SMITH: J'ai fait une prévision il y a trois ou quatre ans et je n'ai vu aucun motif de la changer. Les fuites s'élèveront à deux dixièmes de millième par kilowatt-heure. C'est mon estimation.

M. DRYSDALE: Dans un an, mettons, est-ce que cela ferait 10 p. 100? Est-ce que ce serait une perte raisonnable?

M. SMITH: Sur le coût de l'unité d'énergie?

M. DRYSDALE: Non, uniquement dans le facteur de base.

M. SMITH: C'est tout élevé. Quatre pour cent, est-ce une livre l'heure? Je regrette, ce chiffre ne me revient pas à la mémoire. Je me souviens cependant des deux dixièmes par kilowatt-heure et c'est en réalité ce qui m'intéresse.

M. BATTEN: L'Hydro-Ontario a-t-elle étudié la théorie soutenue par certains pays d'Europe selon lesquels il coûterait moins cher de transmettre l'électricité par courant direct à haute tension?

M. SMITH: Oui, nous avons étudié ce point de vue. Pour le moment, nous ne prévoyons pas avoir besoin de son application dans la province.

M. BATTEN: Je vois. Je m'intéresse à cette affaire parce que dans ma région, nous avons Grand Falls, au Labrador, et il s'agit là d'un problème de transmission.

M. SMITH: Oui, il se peut bien que le courant direct soit le plus approprié pour cet endroit.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, en votre nom, je veux remercier M. Smith de sa présence ici ce matin et de sa collaboration.

Notre prochaine séance aura lieu mercredi, dans la salle 121N, à deux heures et demie de l'après-midi, alors que M. Blackley sera ici. Il sera rentré de l'Inde. La réunion suivante aura lieu jeudi et M. John Davis, de la Colombie-Britannique, sera présent.

*Montreal Engineering Company Limited*

*Directeur de l'entreprise de Douglas Point*

*Atomic Energy of Canada Limited*

### L'Introduction

En général, les problèmes relatifs à l'accouplement d'une centrale d'énergie nucléaire à un réseau hydro-électrique sont nombreux et la nature ainsi que la mesure d'interdépendance de ces problèmes varient considérablement. Le présent rapport a pour objet de décrire les principaux facteurs qui entrent en jeu dans l'application d'un type particulier de centrale nucléaire à un réseau d'énergie existant et de résumer les principales caractéristiques d'une telle centrale.

Le réseau en question est l'un des deux réseaux alimentés séparément qu'exploite la Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario (l'Hydro-Ontario). Cette commission est nommée par le gouvernement de la province d'Ontario et elle a fourni à peu près 85 p. 100 de toute l'énergie électrique produite pour utilisation dans la province en 1958. Le réseau que nous prenons comme exemple et que nous appellerons dorénavant le réseau en question, fournit 90 p. 100 de toute l'énergie nécessaire aux deux réseaux, soit 80 p. 100 de toute l'énergie produite dans la province.

La centrale nucléaire en question, elle, est une centrale industrielle à simple usage dont la construction a été décidée en vue de son accouplement au réseau en question. Ce type de centrale utilisera un réacteur à eau lourde, refroidi à l'eau lourde sous pression et alimenté à l'uranium naturel.

On peut considérer que les exigences auxquelles une centrale nucléaire doit répondre découlent de la nature du réseau d'énergie et de la géographie de la région qu'il dessert, des facteurs économiques propres à la région et au réseau,



**CONFERENCIA MUNDIAL DE LA ENERGIA**

madrid 1960

conferencia  
mundial de la  
energia

WORLD POWER CONFERENCE

SECTIONAL MEETING

CONFERENCE MONDIALE DE L'ENERGIE

SESSION PARTIELLE

**SESION PARCIAL DE MADRID · 5 · 9 JUNIO 1960**PONENCIA  
PAPER  
RAPPORT

V / 9

CANADA  
CANADA  
CANADA**APPLICATION DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE À LA CHARGE DE BASE D'UN  
RÉSEAU MIXTE HYDRO-ÉLECTRIQUE ET THERMIQUE**

H.A. SMITH,

Directeur général adjoint, Services techniques,  
Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario.

J.S. Foster,

*Montréal Engineering Company Limited.*

Directeur de l'entreprise de Douglas Point,

*Atomic Energy of Canada Limited.***1. Introduction**

En général, les problèmes relatifs à l'accouplement d'une centrale d'énergie nucléaire à un réseau hydro-électrique sont nombreux et la nature ainsi que la mesure d'interdépendance de ces problèmes varient considérablement. Le présent rapport a pour objet de décrire les principaux facteurs qui entrent en jeu dans l'application d'un type particulier de centrale nucléaire à un réseau d'énergie existant et de résumer les principales caractéristiques d'une telle centrale.

Le réseau en question est l'un des deux réseaux alimentés séparément qu'exploite la Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario (l'Hydro-Ontario). Cette commission est nommée par le gouvernement de la province d'Ontario et elle a fourni à peu près 89 p. 100 de toute l'énergie électrique produite pour utilisation dans la province en 1958. Le réseau que nous prenons comme exemple et que nous appellerons dorénavant le réseau en question, fournit 90 p. 100 de toute l'énergie nécessaire aux deux réseaux, soit 80 p. 100 de toute l'énergie produite dans la province.

La centrale nucléaire en question, elle, est une centrale industrielle à simple usage dont la construction a été décidée en vue de son accouplement au réseau en question. Ce type de centrale utilisera un réacteur ralenti à l'eau lourde, refroidi à l'eau lourde sous pression et alimenté à l'uranium naturel.

On peut considérer que les exigences auxquelles une centrale nucléaire doit répondre découlent de la nature du réseau d'énergie et de la géographie de la région qu'il dessert, des facteurs économiques propres à la région et au réseau,

et les prévisions de charge ainsi que des programmes élaborés en vue de satisfaire, dans l'avenir, aux demandes d'énergie. Nous traiterons d'abord de ces aspects de la question et les ferons suivre de remarques générales sur la possibilité d'adopter des types mieux connus de centrales nucléaires pour application dans le réseau en question, d'une description de la centrale nucléaire qu'on croit la plus susceptible de répondre aux exigences et finalement, d'un résumé de certaines dispositions d'ordre général qu'entraîne la mise en œuvre d'un projet de centrale nucléaire.

## 2. Nature du réseau en question et de la région desservie

### 2.1 Généralités

Le réseau dessert huit des neuf régions où la Commission assure le service dans la province. On peut en voir la disposition générale dans l'illustration 1. Les points extrêmes du réseau dessinent vaguement un triangle équilatéral dont les côtés mesurent environ 800 km de long.

On trouve des sols de toute nature, depuis les bonnes terres de culture favorisant l'industrie maraîchère et laitière, la culture des fruits et la grande culture, surtout dans la partie sud-ouest, jusqu'aux régions très boisées et rocheuses du sud-est et du nord.

La population est établie surtout le long des lacs Ontario et Érié et atteint sa concentration maximum à l'extrémité ouest du lac Ontario. La densité de la population varie d'un maximum d'environ 2,300 personnes par kilomètre carré dans les régions de Toronto et de Hamilton pour tomber à presque rien dans une grande partie de la région la plus septentrionale.

Les principales industries de la région desservie comprennent l'agriculture, l'industrie du bois à pâte et du papier, celle des mines, de la raffinerie électrochimique ainsi qu'une grande variété d'industries de fabrication.

### 2.2 Les demandes d'énergie

Dans l'illustration 1, des cercles indiquent les principaux centres de besoins d'énergie dans le réseau et la grandeur de ces cercles marque à peu près l'importance relative des demandes de pointe. Les exigences de charge maximum enregistrées en 1958 dans les différentes régions desservies sont aussi exprimées en MW dans le tableau. La charge totale d'énergie primaire distribuée par le réseau a atteint 4,680 MW et 25.67 milliards de kWh, ce qui donne un facteur de charge annuel de 0.626; ce chiffre est un peu inférieur à la normale.

### 2.3 Ressources énergétiques

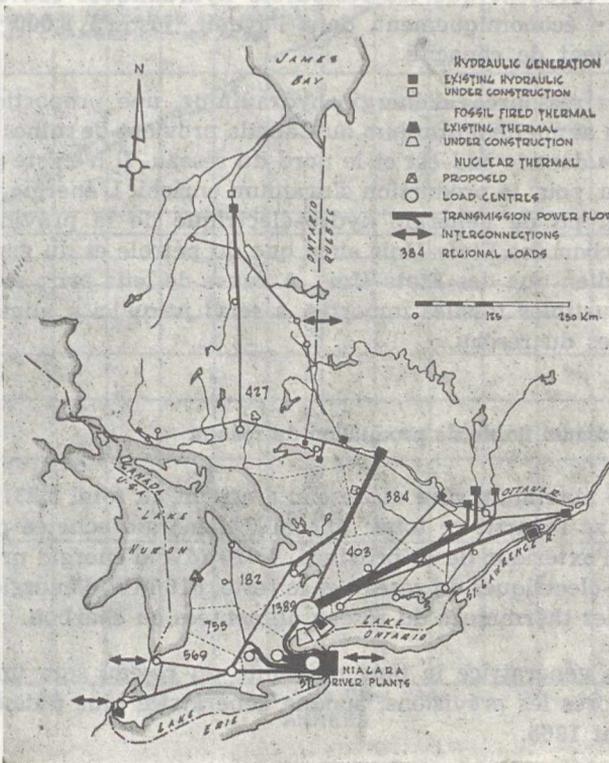
Le principal potentiel sauvage d'énergie, dans la région desservie par le réseau en question, comprend des ressources hydrauliques et l'uranium. Dans le sud-ouest, on trouve du pétrole et du gaz naturel, mais en très faibles quantités par rapport à la demande d'énergie que le réseau doit satisfaire. On trouve aussi des gisements de lignite dans l'extrême nord, mais jusqu'à présent leur exploitation ne s'est pas révélée économique à cause des frais d'extraction et de transport.

ILLUSTRATION 1

Map showing generation, load centres and power flows for reference system 1958.

Carte indiquant les centrales, les centres de charge et le débit d'énergie pour le réseau en question en 1958.

Mapa que muestra la producción, centros de consumo y fuentes de energía en 1958 en el sistema que sirve de modelo.



Hydraulic generation:

- Existing hydraulic.
- Under construction.

Fossil fired thermal:

- Existing thermal.
- Under construction.

Nuclear thermal:

- Proposed.

Load centres.

Transmission power flow.

- Interconnections.
- Regional loads.

Production hydraulique:

- Existantes.
- En construction.

Thermiques utilisant des combustibles fossiles:

- Existantes.
- En construction.

Thermo-nucléaires:

- Proposées.

Centres de charge.

Transport d'énergie.

- Interconnexions.
- Charges régionales.

Producción hidráulica:

- Existentes.
- En construcción.

Térmicas que queman combustibles tradicionales:

- Existentes.
- En construcción.

Termo-nucleares:

- Propuestas.

Centros de consumo.

Transporte de la energía.

- Interconexiones.
- Consumos regionales.

L'illustration 1 donne l'emplacement géographique du potentiel hydraulique équipé. On constatera que le gros de ce potentiel aménagé se trouve sur les rivières Niagara et Ottawa ainsi que sur le fleuve Saint-Laurent, mais de nombreuses petites centrales sont aussi aménagées dans le sud-est et le nord. De plus, on a aménagé une centrale assez importante à l'extrémité nord.

Le tableau indique aussi les centrales en construction.

Des études révèlent que les ressources hydrauliques sauvages semblent pouvoir produire économiquement, dans l'avenir, jusqu'à 2,000 MW, selon le choix du coefficient de capacité.

En plus des ressources d'énergie hydraulique, une proportion importante de la production annuelle d'uranium au Canada provient de mines et d'usines de raffinage, situées dans le sud-est et le nord du réseau. Il n'existe pas d'installations, au Canada, pour la production d'uranium enrichi. L'énergie importée dans la région comprend de l'énergie hydro-électrique de la province voisine de Québec, du charbon des États-Unis ainsi que du pétrole et du gaz naturel, tant de l'Ouest canadien que des États-Unis. A cause de leur prix, seul le charbon, parmi les combustibles fossiles importés, a servi jusqu'ici à alimenter les centrales thermiques du réseau.

#### 2.4 Capacité maximum fiable de production du réseau

La capacité maximum sûre du réseau a atteint au total 5,231 MW en 1958. Voici comment se répartit ce total: 595 MW d'énergie achetée par contrat de compagnies de l'extérieur de la province, 4,020 MW d'énergie produite par les centrales hydro-électriques du réseau et le reste, 616 MW d'énergie produite par les deux centrales thermiques du réseau alimentées au charbon.

En 1961, la génératrice la plus puissante du réseau sera une centrale de 300 MW, et d'après les prévisions, aucune génératrice plus puissante n'entrera en activité avant 1965.

Trois caractéristiques de la production actuelle exerceront une influence fondamentale sur l'intégration future de centrales nucléaires dans le réseau. Les voici:

2.4.1 Le facteur de capacité mensuel de la plupart des centrales hydro-électriques actuelles atteint à peu près 1.00 pour les mois de crue. En ajoutant ce chiffre aux facteurs de capacité des autres mois, on obtient un facteur de capacité annuel de 0.7, comparativement à un facteur de charge annuel normal de 0.65 pour le réseau.

2.4.2 Dans les conditions actuelles, il ne serait pas économique d'accroître la capacité de pointe de la plupart des centrales existantes qui produisent la plus grande partie de l'énergie hydro-électrique.

2.4.3 Le coût de l'énergie fournie par les centrales hydro-électriques aux centres de charge est sensiblement moindre que celui de l'énergie des centrales thermiques que nous utilisons par conséquent aux heures de pointe et, lorsque le débit affaibli des cours d'eau l'exige, pour suppléer la production d'énergie des centrales hydro-électriques.

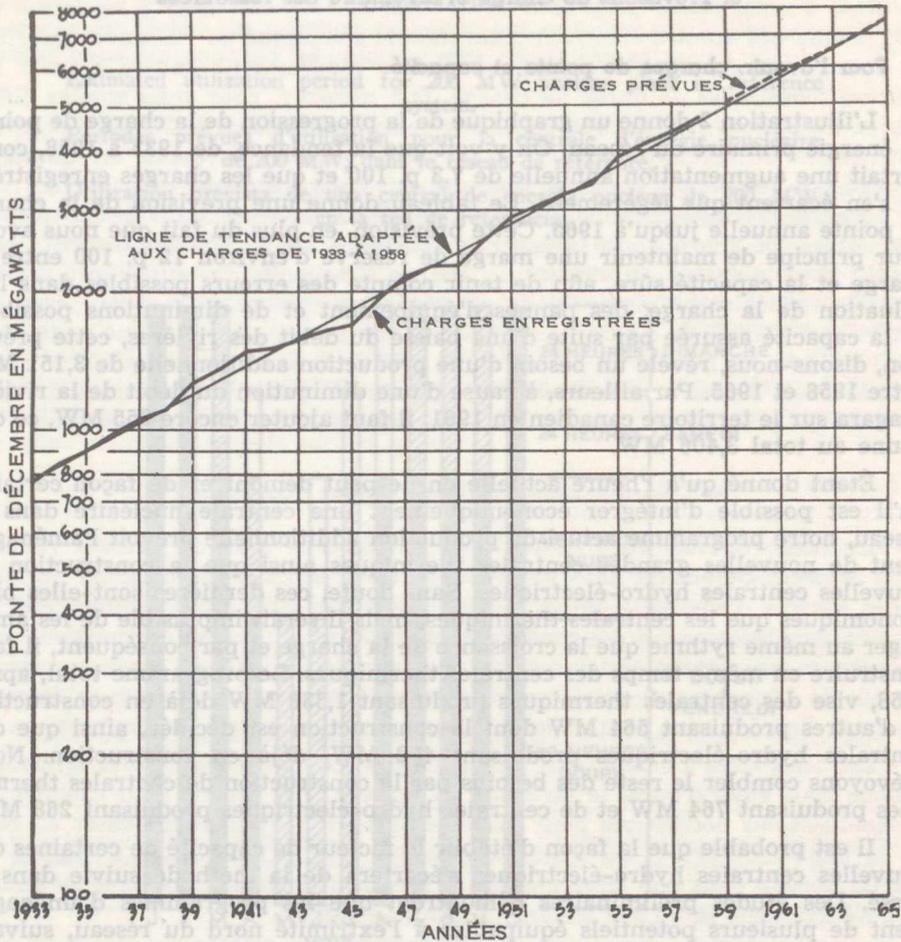


ILLUSTRATION 2

Reference system annual peak loads recorded and forecast.

Charges annuelles maxima enregistrées et prévues pour le réseau en question.

Consumo máximo anual registrado y previsto en el referido sistema.

Ces caractéristiques veulent dire que les centrales nucléaires, ne pouvant fonctionner économiquement sans un facteur élevé de capacité, doivent, ou bien produire l'énergie à un coût assez bas pour concurrencer l'énergie produite par les centrales hydrauliques—c'est peu probable—ou attendre un accroissement suffisant de la charge pour permettre leur accouplement, à des facteurs de capacité assez élevés, assurant un flux laminaire à la courbe de la charge quotidienne, en plus de l'énergie produite par les centrales hydrauliques.

### 3. Prévisions de charge et inventaire des ressources

#### 3.1 Pour l'avenir, charges de pointe et capacité

L'illustration 2 donne un graphique de la progression de la charge de pointe en énergie primaire du réseau. On y voit que la tendance, de 1933 à 1958, comportait une augmentation annuelle de 7.3 p. 100 et que les charges enregistrées ne s'en écartent que légèrement. Le tableau donne une prévision de la charge de pointe annuelle jusqu'à 1965. Cette prévision, en plus du fait que nous avons pour principe de maintenir une marge de réserve d'environ 12 p. 100 entre la charge et la capacité sûre, afin de tenir compte des erreurs possibles dans l'évaluation de la charge, des pannes d'équipement et de diminutions possibles de la capacité assurée par suite d'une baisse du débit des rivières, cette prévision, disons-nous, révèle un besoin d'une production additionnelle de 3,151 MW entre 1958 et 1965. Par ailleurs, à cause d'une diminution du débit de la rivière Niagara sur le territoire canadien en 1961, il faut ajouter encore 255 MW, ce qui donne au total 3,406 MW.

Étant donné qu'à l'heure actuelle on ne peut démontrer de façon certaine qu'il est possible d'intégrer économiquement une centrale nucléaire dans le réseau, notre programme actuel de production additionnelle prévoit l'aménagement de nouvelles grandes centrales thermiques ainsi que la construction de nouvelles centrales hydro-électriques. Sans doute, ces dernières sont-elles plus économiques que les centrales thermiques, mais il serait impossible de les aménager au même rythme que la croissance de la charge et par conséquent, il faut construire en même temps des centrales thermiques. Le programme total, après 1958, vise des centrales thermiques produisant 1,338 MW déjà en construction et d'autres produisant 564 MW dont la construction est décidée, ainsi que des centrales hydro-électriques produisant 472 MW, déjà en construction. Nous prévoyons combler le reste des besoins par la construction de centrales thermiques produisant 764 MW et de centrales hydro-électriques produisant 268 MW.

Il est probable que la façon d'établir le facteur de capacité de certaines des nouvelles centrales hydro-électriques s'écartera de la méthode suivie dans le passé. Des études préliminaires démontrent que les programmes d'aménagement de plusieurs potentiels équipables à l'extrémité nord du réseau, suivant des facteurs annuels de capacité bas ou moyens offriront, par dollar d'immobilisations, à peu près les mêmes avantages, quant au coût, sur les programmes semblables visant l'aménagement de centrales thermiques d'une capacité équivalente. Cela provient surtout du fait qu'une production de pointe plus forte par dollar d'immobilisations, dans le cas des programmes comportant un facteur de capacité moins élevé, compense la production régulière plus élevée prévue par dollar d'immobilisations pour les programmes comportant un facteur de capacité élevé. On prévoit que progressivement, ces centrales adopteront les caractéristiques de centrales de pointe.

#### 3.2 Les caractéristiques de l'énergie future

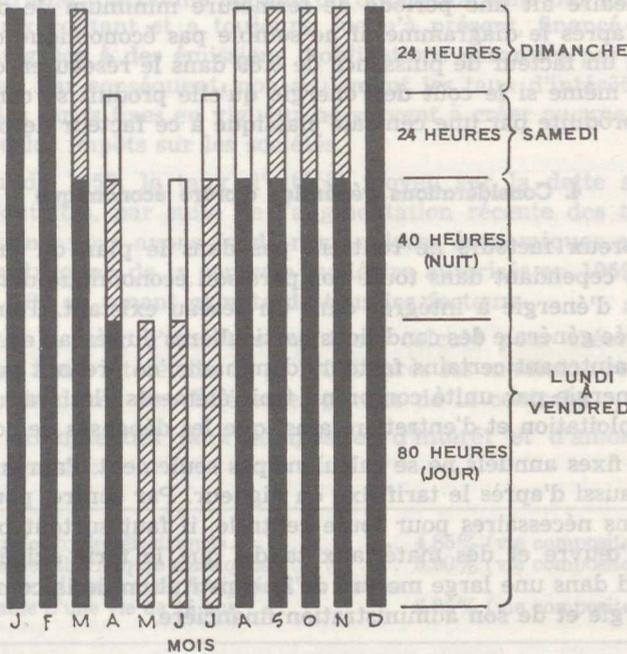
Le facteur de charge annuel et les courbes de durée de charge, dans le réseau, sont relativement constants depuis de nombreuses années et nous prévoyons que cette conjoncture va se maintenir. Par conséquent, les besoins d'énergie et le moment où ils vont se poser sont prévus en fonction des prévisions de charge de pointe et de l'arrangement actuel des courbes de durée de charge. D'après ces données et d'après les éléments de coûts propres à la centrale traditionnelle, on peut établir la méthode qui permet de marier la puissance d'une centrale nucléaire à une courbe de charge donnée pour tout groupe

ILLUSTRATION 3

Estimated utilization period for 200 MW nuclear plant in reference system.

Périodes prévues d'utilisation pour la centrale d'énergie nucléaire de 200 MW, dans le réseau de référence.

Utilización prevista de una central de energía nuclear de 200 MW en la red de referencia.



|                              |                                      |                              |
|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| ■ Total period in 1963.      | Période totale en 1963.              | Período total en 1963.       |
| ▨ Additional period by 1965. | Période additionnelle jusqu'en 1965. | Período adicional para 1965. |
| □ Additional period by 1967. | Période additionnelle jusqu'en 1967. | Período adicional para 1967. |

For minimum shutdown of 2 days and one month's maintenance in May, annual capacity factors are 0.55 in 1963, 0.76 in 1965 and 0.87 in 1967.

En tenant compte d'une période minimum de deux jours de fermeture, et d'un mois (Mai) aux fins d'entretien, les facteurs de puissance annuelle sont de 0,55 pour 1963, 0,76 pour 1965 et 0,87 pour 1967.

Teniendo en cuenta un período mínimo de dos días de paralización y de un mes (mayo) para reparaciones, los factores de producción anual de fuerza son de 0,55 en 1963, 0,76 en 1965 y 0,87 en 1967.

de frais d'exploitation propres à cette centrale. L'illustration 3 renferme un diagramme qui montre comment cette théorie s'applique au réseau en question et à une centrale nucléaire particulière. Ce diagramme, élaboré d'après les courbes mensuelles de durée de charge, fait ressortir, pour trois années différentes, les périodes durant lesquelles une centrale nucléaire de 200 MW pourrait fonctionner économiquement à pleine capacité dans le réseau en question, pourvu que le coût de l'énergie produite soit comparable ou inférieur au coût de l'énergie produite par une centrale thermique classique, dans des conditions semblables, et pourvu que la centrale nucléaire ait un fonctionnement assez souple pour accepter ou refuser la charge à volonté. En supposant que la centrale nucléaire ait une période de fermeture minimum de deux jours, on notera que d'après le diagramme, il ne semble pas économique que cette centrale atteigne un facteur de puissance de 0.89 dans le réseau en question avant l'année 1965, même si le coût de l'énergie qu'elle produit se compare au coût de l'énergie produite par une centrale classique à ce facteur de puissance.

#### 4. Considérations générales d'ordre économique

De nombreux facteurs ne rentrent pas dans le plan du présent rapport mais rentrent cependant dans toute comparaison économique détaillée de nouvelles sources d'énergie à intégrer dans un réseau existant. Toutefois, afin de donner une idée générale des conditions particulières du réseau en question, nous exposerons maintenant certains facteurs dominants, en prenant pour acquis que le coût de l'énergie par unité comprend trois éléments: les frais fixes annuels, les frais d'exploitation et d'entretien, ainsi que les dépenses de combustible.

Les frais fixes annuels ne se calculent pas seulement d'après les immobilisations mais aussi d'après le tarif fixe en vigueur. Par contre, pour calculer les immobilisations nécessaires pour toute centrale, il faut surtout penser au coût de la main-d'œuvre et des matériaux tandis que le tarif exigé à l'égard du capital dépend dans une large mesure de la constitution de la compagnie distributrice d'énergie et de son administration financière.

##### 4.1 Coût de la main-d'œuvre, des matériaux et de l'équipement dans la région

On aura une bonne idée du coût de la main-d'œuvre dans la région en consultant le tableau suivant qui donne une échelle des salaires horaires en vigueur dans la construction de centrales thermiques à l'heure actuelle:

|                            |        |                        |        |
|----------------------------|--------|------------------------|--------|
| Maçon, en béton.....       | \$2.47 | Électricien.....       | \$3.30 |
| Briqueteur.....            | 3.00   | Machiniste.....        | 2.80   |
| Menuisier.....             | 2.80   | Mancœuvre.....         | 1.80   |
| Plombier et tuyauteur..... | 3.20   | Mancœuvre spécial..... | 1.89   |
| Charpentier, en fer.....   | 2.85   |                        | à 2.11 |

Pour le réseau à l'étude, tout matériau ou équipement important est acheté d'après la méthode des soumissions cachetées et les contrats sont accordés au prix minimum soumis pour un équipement satisfaisant sans aucune restriction arbitraire quant à la source d'approvisionnement.

Toute comparaison économique des différents types de centrales nucléaires favorise celui qui exige une faible proportion de main-d'œuvre sur place à cause du coût assez élevé de la main-d'œuvre et de la concurrence dans les prix des matériaux et de l'équipement. C'est peut-être un facteur important dont il faut

tenir compte quand on établit des comparaisons entre la centrale qui convient le mieux au réseau en question et celles qui conviennent à d'autres réseaux, surtout dans les pays où les salaires sont sensiblement moins élevés.

#### 4.2 Tarifs fixes

Un autre facteur très important à faire ressortir dans les comparaisons établies entre la centrale accouplée au réseau en question et les centrales de bien d'autres réseaux, c'est le tarif relativement faible exigé comme rendement du capital. La raison, en grande partie, c'est que la Commission de l'énergie hydro-électrique fonctionne comme un organisme sans but lucratif, fournit l'énergie au prix coûtant et a toujours, jusqu'à présent, financé ses dépenses d'établissement grâce à des émissions d'obligations garanties par le gouvernement provincial. Par conséquent, non seulement les taux d'intérêt sont-ils bas, mais de plus, les tarifs fixes en vigueur ne servent à créer aucune réserve pour les bénéfices ou les impôts sur les sociétés.

Au milieu de 1959, le taux d'intérêt moyen sur la dette s'établissait à 3.85 p. 100. Toutefois, par suite de l'augmentation récente des taux d'intérêt sur les obligations, nous avons fondé nos analyses économiques concernant les travaux de construction de la centrale nucléaire autorisés en 1959 sur un taux évalué à 4½ p. 100 en tenant compte de tous les facteurs.

En général, le taux d'amortissement est calculé pour créer une réserve d'amortissement à un intérêt de 4½ p. 100 d'après les meilleurs renseignements disponibles sur la durée des différentes parties de la centrale.

Voici un exemple des taux composites d'intérêt et d'amortissement en vigueur présentement:

|   |       |                           |
|---|-------|---------------------------|
| Pour les centrales hydro-électriques.....   | 4.85% | (vie composite de 60 ans) |
| Pour les centrales thermiques classiques.....   | 5.90% | (vie composite de 33 ans) |
| Pour la centrale à l'eau lourde équipée d'un moteur<br>remplaçable d'une vie de 15 ans..... | 6.35% | (vie composite de 28 ans) |

#### 4.3 Coûts typiques

Voici quels sont les coûts de chaque centrale établis par des études des plans de la nouvelle génératrice:

##### 4.3.1 Dépenses d'immobilisations par kW

Centrale thermique, 1,800 MW, alimentée au charbon, utilisant six réacteurs de 300 MW, débit de vapeur 169 kg/cm<sup>2</sup> 538° C, et réchauffage à 538° C—\$128 par kW installé.

Centrale hydro-électrique, 180 MW, coefficient annuel de puissance 0.5, hauteur 32.7 mètres, \$230 par kW installé.

Centrale hydro-électrique (même emplacement), 90 MW, coefficient annuel de puissance 0.80—\$363 par kW installé.

Il faut remarquer que selon la nature de l'emplacement et les caractéristiques d'exploitation, le prix de revient de la centrale hydro-électrique peut varier considérablement.

## 4.3.2 Prix de revient par unité d'énergie

Le prix de revient par unité d'énergie, pour les exemples donnés au paragraphe 4.3.1 s'établit comme il suit:

|  | Millièmes/kWh/ énergie émise |                           |                                  |       |
|--|------------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------|
|  | Taux fixe                    | Exploitation et entretien | Location de combustible ou d'eau | Total |
| Centrale thermique, coefficient de puissance 0.8.            | 1.28                         | 0.51                      | 3.34                             | 5.13  |
| Centrale hydro-électrique, coefficient de puissance 0.5..... | 2.70                         | 0.19                      | 0.21                             | 3.10  |
| Centrale hydro-électrique, coefficient de puissance 0.8..... | 2.62                         | 0.17                      | 0.21                             | 3.00  |

Le prix de revient correspondant, pour toute l'énergie produite par le réseau en question en 1958, a été de 2.46 millièmes par kW, sans compter les frais de transmission.

## 5. Résumé des exigences requises par les caractéristiques du réseau en question

Du strict point de vue de l'organisation d'un réseau, une centrale nucléaire ne pourra s'intégrer avec succès à un réseau existant que si elle est aussi économique, aussi sûre et ne représente pas plus de risques que la meilleure, parmi les autres centrales que nous pourrions choisir. Dans le cas du réseau en question, vu qu'il sera impossible de répondre au supplément de charge nécessaire d'ici cinq ans par la construction de nouvelles centrales hydro-électriques (qui produisent l'énergie au meilleur prix possible) on doit comparer le coût, la fiabilité et la sécurité de la centrale nucléaire aux mêmes caractéristiques de la centrale thermique classique alimentée au charbon et assez puissante. D'après les caractéristiques du réseau exposées jusqu'ici, on peut déduire qu'il faudra viser à répondre aux exigences et conditions suivantes:

**5.1** La centrale doit produire de l'énergie à environ 5 millièmes par kWh pour un coefficient annuel de capacité de 0.8, ce qui doit comprendre tout supplément des frais de transmission occasionnés parce qu'il aurait été nécessaire de construire la centrale à un endroit éloigné des centres de charge.

**5.2** D'après les données que nous possédons à l'heure actuelle, on peut prévoir que les dépenses d'aménagement d'une centrale atomique vont rester bien supérieures à celles des centrales thermiques classiques et par conséquent, il faut la concevoir comme centrale de base. Cette caractéristique, ainsi que le taux relativement faible des tarifs exigés en fonction des immobilisations et l'interdépendance des dépenses d'établissement et des dépenses de combustible dans une centrale nucléaire, font ressortir l'importance du combustible peu coûteux.

Étant donné que la rentabilité de la centrale se fonde sur un coefficient élevé de capacité à vie, une centrale doit posséder les caractéristiques qui assurent une exploitation selon un coefficient de capacité élevé et une longue durée. Elle doit:

- a. être fiable, afin d'avoir un haut degré de disponibilité;
- b. être faite pour durer ou du moins se composer de pièces remplaçables économiquement;

- c. entraîner des frais d'exploitation, surtout des frais de combustible très minimes, afin qu'on ne soit pas obligé de la mettre au rancart prématurément par suite de la mise au point de centrales plus économiques;
- d. utiliser un combustible qui s'obtient facilement, de préférence de plusieurs sources, afin qu'il soit peu probable qu'une restriction des approvisionnements mette fin à sa carrière utile.

**5.3** Le coefficient maximum de capacité réalisable à 200 MW sera établi par les caractéristiques de fermeture de la centrale et l'année d'exploitation à l'étude; les renseignements compilés dans le tableau 3 nous en donnent une idée. Étant donné que les réacteurs conçus pour une centrale ne permettent pas ordinairement des fermetures de moins de deux jours, on peut prévoir que le coefficient maximum de capacité réalisable ne sera de 0.8 qu'après 1965.

**5.4** La capacité électrique de la centrale par réacteur ne devrait pas dépasser 300 MW.

**5.5** La centrale devrait utiliser des combustibles du pays traités sur place dans une grande mesure. Le Canada est un important producteur d'uranium et dispose d'une usine qui transforme la matière première en métal ou en oxide pouvant servir de combustible au réacteur. Il n'a pas cependant les installations nécessaires à la séparation isotopique de l'uranium ou à la récupération de résidus précieux et les deux sont essentiels à l'utilisation de combustible enrichi. C'est donc en se servant de réacteurs alimentés à l'uranium naturel qu'on peut le mieux satisfaire à l'exigence qui prévoit l'utilisation de combustible disponibles sur place.

**5.6** A cause des salaires assez élevés de la main-d'œuvre, la centrale devrait être d'un type qui n'exige qu'un personnel d'entretien minimum, tous autres facteurs étant égaux.

**5.7** La centrale devrait avoir une fréquence de pannes pas plus élevée que celle d'une centrale thermique classique moderne.

## 6. Types de centrales disponibles

A l'heure actuelle, on connaît nombre de réacteurs dont la mise au point est plus ou moins avancée, selon les cas. Toutefois, pour parler des prototypes qui fonctionnent déjà et des grandes centrales commerciales dont la construction est avancée, il n'y a que deux sortes de centrales nucléaires disponibles qui conviennent aux conditions qui prévalent au Canada. Ce sont la centrale utilisant un réacteur à réfrigérant gazeux avec pile à ralentisseur de graphite et la centrale utilisant des réacteurs ralentis et refroidis à l'eau ordinaire. Si l'une ou l'autre de ces centrales répondait aux exigences du réseau de l'Hydro-Ontario, nous serions fortement tentés de l'adopter, parce que leur mise au point est avancée. Malheureusement, à ce point de vue, les deux centrales ont été réalisées dans des circonstances différentes de celles qui prévalent en Ontario et ni l'une ni l'autre ne semble répondre aux besoins de la province.

### 6.1 Réacteurs au graphite

Les centrales nucléaires en usage en Angleterre qui utilisent des réacteurs à réfrigérant gazeux avec pile à ralentisseur au graphite coûtent environ 115 livres sterling, soit \$320 par kilowatt pour une centrale à deux réacteurs d'une

capacité totale de 550 mégawatts. A cause de l'écart entre le coût de la main-d'œuvre au Canada et en Angleterre et à cause de la grande proportion de main-d'œuvre sur place, on a estimé (1) qu'une centrale semblable construite au Canada coûterait 45 p. 100 plus cher, soit environ \$465 par kilowatt. On estime que le combustible utilisé par ces centrales coûte entre 1 et 1.6 millième par kilowatt-heure et on prévoit que les autres frais d'exploitation seront d'environ 0.5 millième (2). Au moment de la rédaction du présent rapport, Calder Hall avait démontré que ce type de centrale a un très haut degré de disponibilité. On peut fabriquer complètement son combustible au Canada et la centrale pourrait en grande partie y être construite.

Si ce n'était de son coût initial élevé, la centrale à réfrigérant gazeux avec pile à ralentisseur au graphite semblerait donc toute indiquée. Il est d'usage, au Canada, dans les évaluations des programmes d'énergie nucléaire, d'assigner à la centrale une durée égale à celle des centrales thermiques classiques, sauf qu'on n'assigne que la moitié de cette durée au réacteur et autres parties dites nucléaires comme l'équipement d'alimentation. Il est impossible de le faire dans le cas de cette centrale à cause des éléments qui entrent en jeu dans la construction du réacteur. Pour faire preuve de conservatisme, il faut donc attribuer à toute la centrale une durée moins longue que celle de la centrale classique. En Angleterre, la durée attribuée à ces centrales est ordinairement de vingt ans. En se fondant sur cette donnée, le tarif fixe approprié (à un taux d'intérêt de 4½ p. 100) serait de 7.69 p. 100. Pour un coefficient de puissance à vie de 80 p. 100, un coût de combustible de 1.0 millième par kilowatt-heure et les autres frais d'exploitation de 0.5 millième par kilowatt-heure, le coût total de l'énergie serait de 6.6 millièmes par kilowatt-heure. Il semble donc que même si le coût du combustible est le plus favorable, la centrale actuelle utilisant des réacteurs à réfrigérants gazeux avec pile à ralentisseur au graphite ne permettrait pas d'atteindre l'objectif d'un coût de 5 millièmes par kilowatt-heure d'énergie, à cause des immobilisations considérables nécessaires à une telle installation au Canada.

## 6.2 Réacteurs à l'eau ordinaire

Des études menées pour le compte de la Commission de l'énergie atomique des États-Unis, au début de 1959 (3), ont prévu des dépenses d'immobilisations de \$252 par kW pour une centrale de 236 MW utilisant un réacteur perfectionné à eau sous pression et de \$290 par kilowatt pour une centrale de 306 MW utilisant un réacteur perfectionné à l'eau bouillante. On parvient à obtenir ces frais d'immobilisations raisonnables en utilisant des combustibles enrichis. Dans les mêmes études, on estimait que le coût des transformations cycliques du combustible se situerait entre 2.7 à 3.1 millièmes par kilowatt-heure pour les deux modèles de centrales.

Les calculs sur la rentabilité de ces centrales se fondent sur une durée de 30 ans, un coefficient de puissance à vie de 80 p. 100 et des frais d'entretien et d'exploitation de 0.5 millième par kilowatt-heure. En prenant les mêmes données, mais en adoptant un tarif fixe de 6.14 p. 100 (c'est le taux approprié pour

<sup>1</sup> H. S. ARMS: «The Application of Calder Type Atomic Power Stations to North American Conditions». 68<sup>e</sup> réunion annuelle de l'Association canadienne de l'électricité.

<sup>2</sup> R. N. MILLAR: «La centrale de Hunterston». Rapport P/74, Conférence de Genève, 1958.

<sup>3</sup> Commission de l'énergie atomique des États-Unis, Résumé et rapport d'études menées sur la valeur de quatre modèles de réacteurs TID-8504 (mai 1959).

L'étude sur les réacteur à eau sous pression réalisée par Stone and Webster Engineering Corporation avec l'aide de Combustion Engineering Inc.

L'étude sur les réacteurs à eau bouillante réalisée par Ebasco Services Inc. avec le concours de The General Electric Company.

une durée de 30 ans aux conditions de financement propres au réseau en question) le coût total de l'énergie varie de 5.4 à 5.8 millièmes par kilowatt-heure pour la centrale à eau sous pression et de 5.7 à 6.1 millièmes par kilowatt-heure pour la centrale à eau bouillante. Vu que ces études portent sur des modèles perfectionnés et que ce sont des sociétés compétentes qui connaissent ces modèles à fond et depuis longtemps qui les ont faites, il semble que ni l'une ni l'autre des deux centrales ne permettrait à l'Hydro-Ontario d'atteindre l'objectif visé de 5 millièmes par kilowatt-heure pour une centrale de 200 mégawatts.

En outre, il est douteux que dans le réseau en question, une centrale dont les frais de combustible s'élèvent à pas moins de 2.7 à 3.1 millièmes par kilowatt-heure permette une utilisation équivalente à un coefficient de capacité de 80 p. 100 pour une période de trente ans.

Pourtant, l'argument le plus fort contre l'adoption de ce type de centrale par le réseau de l'Hydro-Ontario est peut-être qu'elle exige un combustible enrichi. A cause de cette caractéristique, on ne pourrait compter que sur quelques autres moyens de production et il faudrait que d'importants éléments qui entrent dans la composition du combustible soient fabriqués à l'étranger. En outre, le fait que la centrale exige de l'uranium enrichi ne nous empêcherait peut-être pas d'utiliser l'uranium provenant de nos gisements, mais il appelle à tout le moins des arrangements spéciaux pour assurer son utilisation.

## 7. Le programme canadien d'énergie nucléaire

Si l'on veut avoir recours à l'énergie nucléaire pour répondre aux exigences de la charge de base en Ontario, il faut penser à une centrale dont les caractéristiques seraient différentes de celles des deux types de centrales dont nous venons de parler. Sa construction au Canada devra entraîner des dépenses moins considérable que celles qu'on prévoit pour la construction de la centrale au graphite et au gaz et de plus, ses frais d'exploitation et de combustible devront être minimes.

Depuis six ans, le Canada met au point le réacteur ralenti et refroidi à l'eau lourde et on considère que ce type de réacteur convient particulièrement aux besoins de l'Ontario, même si ce n'est pas uniquement à cette fin qu'on a entrepris de le construire. Plusieurs raisons militaient en faveur de la mise au point du réacteur à l'eau lourde pour la production d'énergie: l'expérience du pays dans la recherche sur les réacteurs à l'eau lourde, l'intérêt porté à l'uranium naturel à cause des ressources existantes au pays et les promesses d'avenir de ce modèle en général. Toutefois, à la base de cette entreprise, il y a toujours eu la prévision que l'Hydro-Ontario serait la première à s'en servir. La nature du potentiel énergétique de l'Ontario, l'ampleur de son réseau de distribution d'énergie, les conditions de financement favorables, tout cela militait en ce sens et l'Hydro-Ontario, s'en étant rendu compte, a participé au programme dès le tout début.

A l'heure actuelle, le programme canadien de la centrale nucléaire comporte la construction d'une centrale expérimentale de 20 mégawatts (d'électricité), une centrale industrielle de 200 mégawatts et, pour appuyer ces travaux, le programme nécessaire de recherche et de mise au point, y compris une étude des différents types de réacteurs à l'eau lourde tels que le réacteur à ralentisseur organique et l'autre, refroidi à la vapeur.

### 7.1 Le NPD

Le petite centrale, appelée le NPD, est une entreprise conjointe de l'*Atomic Energy of Canada Limited*, agence du gouvernement canadien, de la Commission d'énergie hydro-électrique de l'Ontario et de la *Canadian General Electrical*

*Company*. Elle est située sur l'Ottawa, près de Chalk River; sa construction est maintenant avancée et elle doit entrer en activité l'année prochaine.

### 7.2 La centrale de 200 MW (CANDU)

C'est l'*Atomic Energy of Canada Limited* qui construit présentement la centrale de 200 mégawatts. L'Hydro-Ontario fournit l'emplacement ainsi que les lignes de transmissions et autres installations nécessaires à l'intégration de la centrale dans ses réseaux. Elle l'exploitera pour l'AECL, achètera l'énergie à un taux convenu et elle a offert de l'acheter après quelques années d'exploitation, une fois que la preuve sera faite de son efficacité. Les conditions de l'offre d'achat sont établies de telle façon que, tenant compte du rendement de la centrale, du coût du combustible, du coût de l'énergie provenant d'autres sources, et d'autres facteurs semblables, l'Hydro-Ontario paiera en fait pour la centrale ce qu'elle vaut pour son réseau. On ne prévoit pas que cette première centrale permette d'atteindre l'objectif de 5 millièmes par kilowatt-heure que l'Hydro-Ontario s'est fixé. La différence entre le montant que l'Hydro-Ontario paiera pour la centrale et son prix de revient véritable sera considéré comme une partie des dépenses de mise au point de ce genre d'énergie.

On dresse les plans de cette centrale depuis un an. Comme on peut le voir sur la carte du réseau, illustration 1, la centrale sera située à Douglas Point, sur le littoral est du lac Huron. Des travaux préparatoires sont commencés sur l'emplacement, mais les véritables travaux de construction ne commenceront que l'année prochaine. On prévoit que la centrale entrera en activité en 1965.

### 7.3 Description générale des centrales à l'eau lourde

Ces deux centrales appartiennent au même type général. Les illustrations 4 et 5 sont des vues d'un modèle de NPD et serviront à expliquer les caractéristiques essentielles de ce genre de centrale. Le réacteur est cylindrique et horizontal. Il se compose principalement d'un réservoir cylindrique et tubé qui s'appelle la cuve et d'un nombre de tubes de pression qui entre-croisent les autres tubes dans la cuve. Le NPD a 132 tubes et le grand réacteur en a 316. Le modérateur à eau lourde, à 1 kg/cm<sup>2</sup> de pression et à environ 40° C, est contenu dans la cuve et entoure les tubes de la cuve. Les tubes de pression contiennent le combustible. De l'eau lourde sous pression chauffée sert de refroidisseur; elle circule dans ces tubes pour chasser la chaleur émanant du combustible et la transporter vers le générateur de vapeur où elle produit les vapeurs d'eau ordinaire dont on se sert dans un cycle de vapeur classique. Pour le NPD, la pression du refroidisseur est de 83 kg/cm<sup>2</sup>, la température de sortie 277° C, et la vapeur saturée est produite à 29 kg/cm<sup>2</sup>; pour la grande centrale, la valeur de ces paramètres est de 103 kg/cm<sup>2</sup>, 294° C et 39 kg/cm<sup>2</sup>, et encore là, la vapeur est saturée. Les tubes de pression du réacteur sont isolés du ralentisseur par un annulus d'air entre eux et l'intérieur des tubes de la cuve. Afin d'économiser les neutrons, les tubes de pression sont fabriqués d'un alliage de zirconium. Au bout de chaque tube de pression, ou armement en acier inoxydable muni d'un raccordement de conduite pour le refroidisseur ainsi qu'une valve pour l'entrée et la sortie du combustible. Chaque armement est raccordé par une conduite distincte à des répartiteurs installés dans une salle adjacente dans le cas du NPD. L'illustration montre quelques modèles de conduites de raccordement ou d'alimentation.

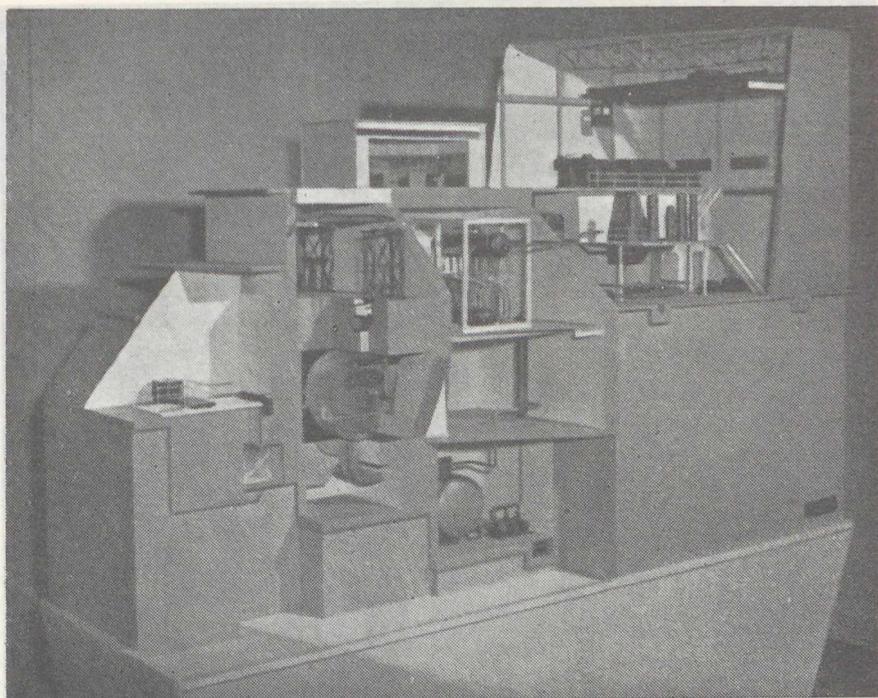


ILLUSTRATION 4

Model of NPD, general view.  
 Modèle de réacteur NPD, vue générale.  
 Modelo de NPD, vista general.

Les autres pièces qu'on voit dans la vignette comprennent le générateur de vapeur et les pompes principales, dans le compartiment au-dessus et à la droite du réacteur, le refroidissement du ralentisseur, sous le générateur de vapeur ainsi que le réservoir de vidange et les pompes de circulation du ralentisseur, sur le palier du bas. Au-dessus du réacteur, la salle des machines d'alimentation et nous voyons dans le tableau une machine dont la tête de manœuvre est descendue devant le réacteur.

Dans l'illustration 6, nous voyons le genre de combustible qu'utiliseront ces réacteurs; les deux ont des tubes de pression d'une calibre de 8.25 cm. Chaque paquet de combustible comprend 19 éléments cylindriques de 1.5 cm (15mm) de diamètre. Ces éléments sont composés de pastilles frittées de dioxyde d'uranium contenues dans des tubes de zircaloy. Les machines de chargement sont conçues pour l'alimentation à distance semi-automatique pendant que le réacteur produit de l'énergie sous pression. Ces machines s'ajustent sur le raccordement, au bout du tube de pression, enlèvent la cheville, poussent (ou reçoivent) une pastille de combustible, replacent la cheville, se séparent du raccordement et déchargent le combustible utilisé dans le collecteur de sortie. Des pastilles de combustible traversent le réacteur en sens inverse, dans des canaux contigus afin de maintenir un flux régulier. L'illustration 7 montre la tête de manœuvre du prototype d'un appareil d'approvisionnement du NPD qui est à l'essai depuis plus d'un an.

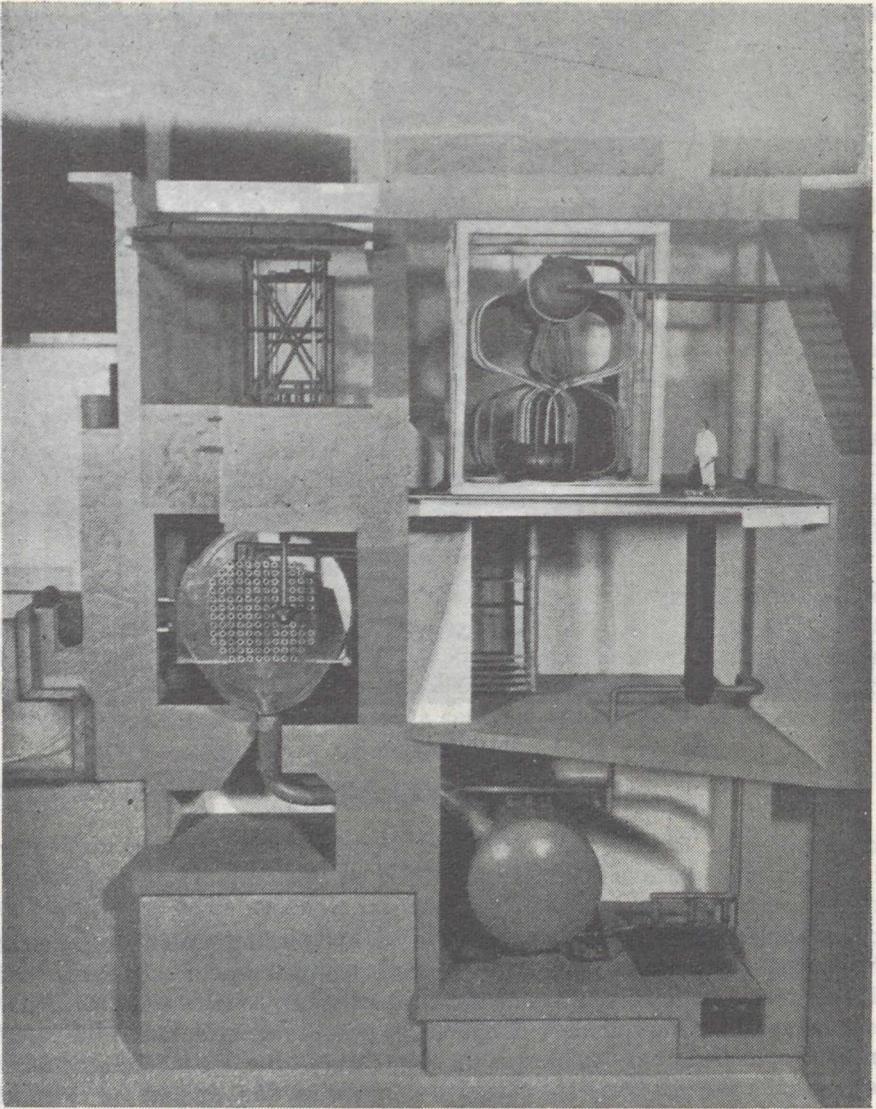


ILLUSTRATION 5

Model of NPD, view of steam generating part of plant.

Modèle de réacteur NPD, section produisant la vapeur.

Modelo de NPD: vista de la parte de la central productora de vapor.

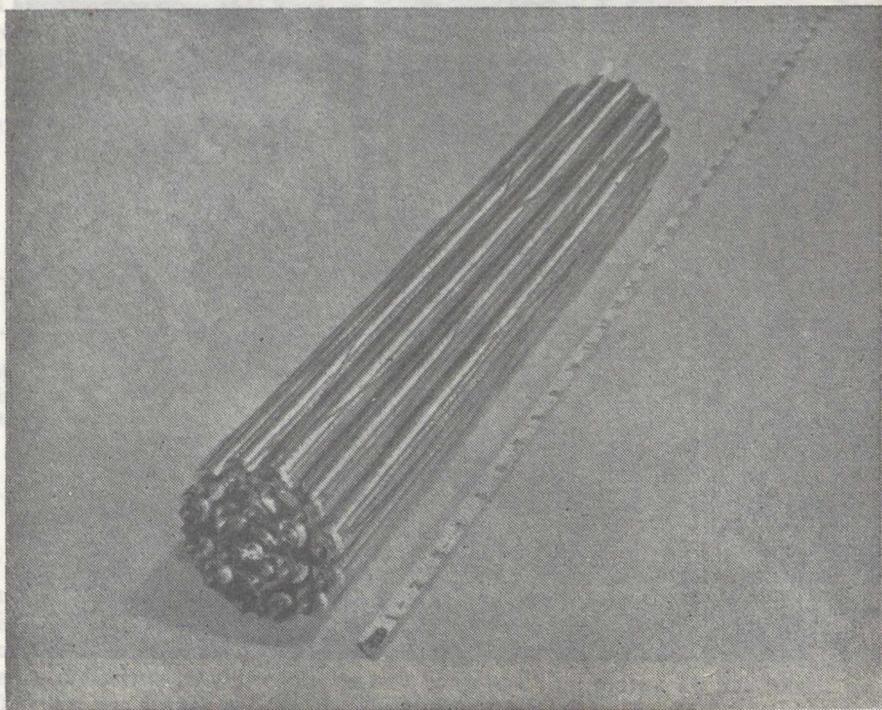


ILLUSTRATION 6

Typical fuel assembly.

Montage typique des tubes de combustible.

Conjunto típico de tubos de combustible.

Un élément très important, dans la conception de la centrale et de son équipement, c'est que toutes les pièces sont remplaçables.

Le turbo-générateur de 200 mégawatts de la centrale de Douglas Point est un tandem de 1800 rpm muni de trois appareils d'expulsion Baumann. La lame d'expulsion mesure 95 cm de long. La pression d'expulsion est de 25 mm. Hg. La centrale sera dotée d'un séparateur externe d'humidité et d'un réchauffeur de vapeur active entre les turbines de haute pression et de basses pression afin qu'à l'expulsion, l'humidité soit limitée à 12 p. 100.

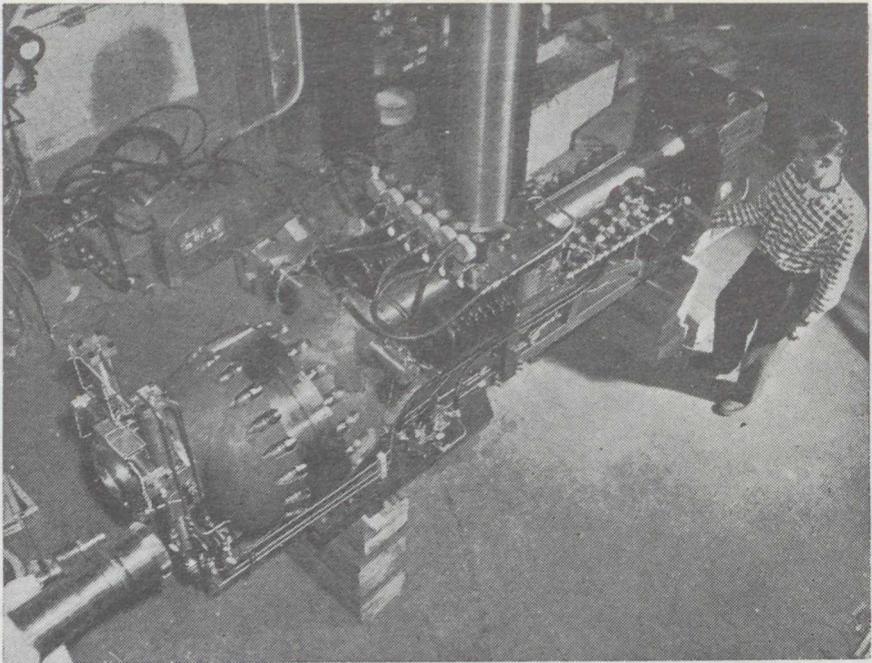


ILLUSTRATION 7

Operating head of prototype fuelling machine for NPD.

Tête de manoeuvre du prototype d'un appareil pour l'approvisionnement en combustible d'un réacteur NPD.

Cabeza impulsora del prototipo de máquina abastecedora de combustible para un NPD.

## 8. La centrale à l'eau lourde répond aux exigences

### 8.1 Facteurs économiques

Grâce à l'utilisation du ralentisseur le plus efficace et d'un modèle de réacteur efficace pour ce qui a trait à l'économie des neutrons, le réacteur ralenti et refroidi à l'eau lourde réalise un taux élevé de combustion du combustible d'uranium naturel sans besoin d'un nouveau traitement. Le combustible devient simplement détritris après un seul circuit dans le réacteur. On prévoit que la combustion moyenne de la centrale de 200 mégawatts sera de 9,000 à 10,000 mégawatts-jour par tonne d'uranium.

On prévoit que cette combustion élevée conjuguée à un coût de combustible modéré et à un cycle de vapeur efficace devraient permettre d'obtenir un coût de combustible aussi bas que celui de toute centrale en usage.

Cette alimentation bon marché s'ajoute à des dépenses d'immobilisation qui, pour une construction en Amérique du Nord, se situent entre celles d'une centrale utilisant un réacteur à l'eau ordinaire et d'une centrale utilisant un réacteur au graphite. On estime que les dépenses d'établissement du premier réacteur de Douglas Point s'établiront à 80 millions de dollars. Ce montant comprend l'approvisionnement nécessaire en combustible, l'achat du terrain et de certains éléments tels que l'eau de circulation nécessaire à deux réacteurs, la construction mécanique et toute la construction ainsi que les achats et frais

d'administration imprévus. Un deuxième réacteur construit en même temps coûtera, prévoit-on, environ 65 millions de dollars, de sorte que le coût estimatif d'une centrale à deux réacteurs serait de \$353 par kilowatt.

Le tableau 1 donne les éléments constitutifs des dépenses de combustibles prévues.

TABLEAU I

| Elément constitutif    | 1959      | 1963      |
|------------------------|-----------|-----------|
| Dioxyde d'uranium..... | \$30/kg.U | \$22/kg.U |
| Zircaloy.....          | \$15      | \$11      |
| Fabrication.....       | \$40      | \$29      |
| TOTAL.....             | \$85/kg.U | \$62/kg.U |

Des dépenses de combustible de \$62 par kilogramme d'uranium, en plus d'une moyenne de combustion de 9,500 mégawatt-jour par tonne d'uranium, un rendement de 33.3 p. 100 du cycle de vapeur, un rendement de 94 p. 100 du réacteur et de la chaudière, ainsi qu'une consommation auxiliaire de 8 p. 100 donnent en tout des dépenses de combustible de 0.94 millièmes par kilowatt-heure d'énergie produite. En tenant compte d'une marge de pas moins de 25 p. 100 pour les imperfections de dessin, de fabrication ou de fonctionnement, on peut prévoir avec confiance des dépenses de combustible de 1.18 millièmes par kilowatt-heure.

En calculant les intérêts au taux de 4½ p. 100, prévoyant une période de durée de 40 ans pour l'eau lourde (\$65 le kilowatt), de 15 ans pour le réacteur et l'équipement nucléaire (\$40 le kilowatt) et de 30 ans pour le reste (\$248 le kilowatt) et en supposant que le facteur de charge sera de 80 p. 100, on obtient des dépenses d'immobilisation de 3.21 millièmes le kilowatt-heure. Si on ajoute les dépenses de combustible de 1.18 millièmes le kilowatt-heure, des frais d'exploitation et d'entretien de 0.7 millièmes et le coût de la fabrication de l'eau lourde, 0.1 millièmes, on obtient un coût estimatif de l'énergie qui s'établit à 5.19 millièmes le kilowatt-heure.

Voici comment s'expliquent les données sur lesquelles nous fondons ces calculs économiques:

1. Les frais d'immobilisation sont calculés d'après ce que nous avons appris sur l'avant-projet du NPD, l'achat d'équipement, les phases initiales de la fabrication de certaines pièces spéciales et la construction du réacteur.

2. Le taux de combustion se fonde sur des calculs et des expériences de physiques très poussées. Les expériences vraiment décisives seront réalisées cette année.

3. Le rendement du combustible se fonde sur plusieurs irradiations d'éléments typiques de combustible aux conditions voulues au moment de la mise au point et sur l'étude de certains échantillonnages du combustible adaptés à l'irradiation prévue par les plans et pour plus tard.

4. Les dépenses de combustible sont calculées d'après des renseignements puisés dans des contrats, des offres de prix, et des données relatives à la fabrication d'appareils expérimentaux. On voit, dans l'illustration 8, les tendances des prix des produits de zircaloy.

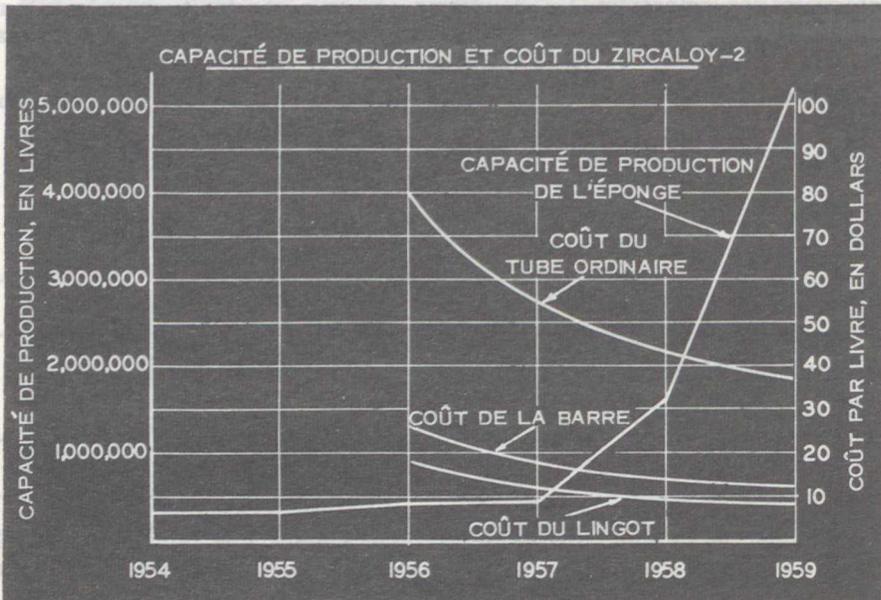


ILLUSTRATION 8

Trend of costs of zircaloy products.

Tendances des prix des produits de zircaloy.

Curso del costo de los productos de zircaloy.

Nul ne prétend que le coût de l'énergie produite par la première centrale sera aussi bas que les 5.19 millièmes le kilowatt calculés ci-dessus. On sait par expérience que lorsqu'il s'agit de programmes nucléaires, il est toujours possible de sous-évaluer les dépenses lorsque les estimations se font un peu tôt à l'étape de la mise au point d'un certain type de centrale. Les auteurs croient cependant que le calcul des coûts peut très bien se comparer à celui qui se fait pour les autres genres de centrales et sont portés à prévoir que les autres réacteurs à construire plus tard pourront produire de l'énergie pour le réseau en question au prix visé de 5 millièmes le kilowatt-heure.

## 8.2 Autres caractéristiques

En plus des facteurs économiques de base, plusieurs autres caractéristiques favorisent l'application de cette centrale à l'Ontario.

### 8.2.1 Combustible

Elle utilise de l'uranium naturel et les avantages qui en découlent sont qu'on peut se procurer le combustible sur place et de diverses sources. On peut aussi, dans une large mesure, le produire et le fabriquer au Canada, même s'il est encore plus facile de fabriquer sur place le combustible utilisé par les réacteurs au graphite et à réfrigérants gazeux. Pour le moment du moins, il faudra se procurer ailleurs l'alliage de chemisage à base de zirconium qui représente presque 20 p. 100 de toutes les dépenses de combustible.

### 8.2.2 Les pièces sont remplaçables

La nature du réacteur permet d'utiliser des pièces remplaçables et les plans en tiennent compte, de sorte qu'on peut envisager la reconstruction complète, soit progressivement, soit pour faire face à une situation pressante, selon les besoins.

### 8.2.3 Influence du régime d'alimentation sur la disponibilité du réacteur

L'alimentation durant la production n'est pas essentielle à des transformations cycliques normales et économiques du combustible. Le combustible a une période de durée moyenne de 20 mois. La fermeture de la centrale pour une fin de semaine à tous les deux mois réduirait d'environ 10 p. 100 la combustion moyenne du combustible et d'environ 2 p. 100 la disponibilité de la centrale, ce qui entraînerait, dans l'ensemble une augmentation de seulement 3.5 p. 100 du coût de l'énergie produite. Toutefois, l'alimentation du réacteur pendant qu'il fonctionne assure une intense disponibilité de la centrale en obviant à la nécessité d'une fermeture pour remplacer le combustible défectueux. C'est sa raison d'être. En outre, en rendant la centrale indépendante de l'état du combustible, l'alimentation durant la production permet d'être moins exigeant, à l'avenir, sur les caractéristiques du combustible et ainsi, d'économiser pour sa fabrication.

### 8.2.4 Influence du dispositif de réglage sur la disponibilité et la fiabilité du réacteur

La confiance que nous éprouvons à l'égard de la disponibilité et de la fiabilité de la centrale provient en grande partie de la nature des dispositifs de réglage et de sécurité du réacteur.

Depuis quelque temps, il est d'usage, dans l'élaboration de plans du réacteur canadien, de tripler tous les dispositifs de réglage essentiels depuis les éléments sensibles jusqu'aux appareils de fonctionnement, et de prévoir qu'au moins deux de ces dispositifs devraient se détraquer en même temps pour que se produise une panne ou une dislocation du réacteur. Cela améliore sensiblement la disponibilité et la fiabilité que toute panne mécanique ou imperfection du dispositif de réglage peuvent altérer (4).

## 9. Remarques d'intérêt général

L'application de l'énergie nucléaire à un réseau de distribution d'énergie appelle plusieurs considérations qui n'ont pas été sans importance dans ce cas particulier.

### 9.1 Choix de l'emplacement

Les plus importants de ces facteurs dont il a fallu tenir compte ont peut-être trait aux exigences relatives à l'emplacement qui sont propres à des centrales nucléaires. On a un exemple frappant de ces exigences dans les critères que la Commission de l'énergie atomique des États-Unis a invoqués dans ses avertissements publiés dans le *United States Federal Register* l'année dernière, au sujet de la réglementation proposée visant le choix des emplacements. Il y était dit

<sup>4</sup> E. SIDDALL: «Reliable Reactor Protection», AECL, n° 430.

que pour les grands réacteurs nucléaires, il faudrait peut-être une ceinture d'isolement, au moins un demi-mille à trois quarts de mille. Il est de plus préférable que les grands réacteurs soient situés à 10 ou 20 milles des grandes villes. A l'heure actuelle, la plupart des centrales sont même plus éloignées. En ce qui a trait aux facteurs météorologiques, «une forte probabilité de bonnes conditions de diffusion et des vents qui, d'habitude, ne soufflent pas dans la direction de régions vulnérables durant les périodes de faible diffusion favoriseraient un emplacement . . . Il est important de savoir combien de fois la région où le réacteur est situé a été secouée par des tremblements de terre dans le passé . . . Les conditions hydrologiques et géologiques de l'emplacement devraient permettre de contrôler les courants sortants d'éléments liquides et solides». Toutes ces exigences contribuent à restreindre le choix de l'emplacement et à augmenter les dépenses de relevés topographiques et d'interconnexion par rapport aux dépenses des centrales thermiques classiques. Il est difficile d'évaluer le montant des dépenses additionnelles que représentent ces exigences. Pour la centrale de Douglas Point, les études spéciales relatives à l'emplacement coûteront environ \$75,000. Le réseau de connexion mesurera environ 15 milles de plus que celui d'une centrale au charbon de mêmes dimensions. Vu que la centrale est plus éloignée du principal centre de charge, la distance moyenne de transmission de l'énergie produite dépasse la distance moyenne, dans le cas d'une centrale au charbon, par plus que la différence de quinze milles de longueur entre les deux réseaux de connexion. Par ailleurs, vu que l'emplacement est assez éloigné, il ne coûte qu'une fraction de ce que coûtent les emplacements d'autres centrales thermiques du réseau.

## 9.2 Le personnel

Le fonctionnement d'une centrale nucléaire exigera une forte proportion d'hommes de profession et de techniciens mais avec le temps, à cause de la nature de la centrale, les employés devraient être moins nombreux que ceux d'une centrale thermique. Le combustible est compact et permet une manutention automatique. Le réacteur se prête bien à un réglage automatique et en fait, il en découle un meilleur réglage. Le NRU, la centrale expérimentale de 200 mégawatts de Chalk River, part automatiquement, selon un plan établi d'avance parce que l'on considère que c'est plus sûr que d'en confier le soin à un opérateur. Une grande partie de l'équipement qui produit la vapeur est toujours hors d'atteinte pendant que le réacteur fonctionne, à cause de la radiation. Toutes ces caractéristiques aboutissent à un degré assez élevé d'automatisation et permettent de n'engager qu'un personnel réduit. Les plans de la centrale de 200 mégawatts sont conçus en fonction d'un personnel minimum et on considère la possibilité d'utiliser un centre électronique de compilation des données.

## 10. Conclusion

Après 1965, la Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario sera en mesure d'exploiter économiquement de grandes centrales thermiques (200 mégawatts) dans le sud de son réseau à des facteurs de charge de 80 p. 100 et plus. A cause des conditions économiques qui s'appliquent à ce réseau, il semble que les centrales nucléaires utilisant des réacteurs ralentis et refroidis à l'eau lourde soient particulièrement indiquées pour ce service. Profitant de l'occasion que lui offre cette conjoncture, l'*Atomic Energy of Canada Limited* a entrepris, dans le cadre de son programme de production

d'énergie nucléaire, la construction d'une centrale de 200 mégawatts de ce type en vue de l'intégrer au réseau en question. L'Hydro-Ontario collabore à la préparation des plans et à la construction de cette centrale et l'achètera lorsque la preuve aura été faite de son rendement.

Les essais et surtout la mise en œuvre du NPD nous donneront une idée du rendement de la centrale et du combustible, mais vu que la centrale de Douglas Point sera dix fois plus puissante il faudra attendre qu'elle fonctionne pour évaluer son rendement avec précision. Une question fondamentale à laquelle nous ne pourrions répondre qu'une fois la centrale en exploitation, c'est de savoir si les mesures de conservation de l'eau lourde prévues dans les plans des deux centrales sont justes. Les plans prévoient des fuites dans le système de la centrale, mais une fuite de seulement 7 livres par heure, dans le réservoir ou dans les échangeurs de chaleur représenterait, même pour la grande centrale, une dépense équivalente à 1 millième par kilowatt-heure. D'autres questions relatives au rendement de la centrale concernent le fonctionnement de certaines nouvelles parties composantes. Même si, au stade expérimental, les échantillons de combustible ont fonctionné et même si on s'est servi de combustible semblable pour calculer le degré de combustion, il faudra attendre que le réacteur entre en activité avant de connaître le rendement du combustible.

### Résumé

Cette étude traite des problèmes relatifs à l'accouplement d'une centrale d'énergie nucléaire, alimentée par de l'uranium naturel et modérée et refroidie à l'eau lourde, à un réseau électrique de la Commission hydro-électrique de l'Ontario.

On y décrit brièvement la nature du réseau, les exigences géographiques de la charge, les ressources d'énergie, les prévisions de charge, les facteurs économiques qui entrent en jeu, et les projets d'aménagement de nouvelles centrales. De ces caractéristiques on déduit les exigences fondamentales qui doivent être satisfaites pour l'aménagement d'une centrale d'énergie nucléaire dans le cadre du réseau en question.

On y passe en revue les caractéristiques des divers types de centrales d'énergie nucléaire maintenant en usage, en fonction des exigences du réseau de l'Ontario-Hydro, et on indique que le type à l'eau lourde et à l'uranium naturel est préférable pour cette application. Les principales caractéristiques du projet de base pour ce type de centrale, actuellement en construction au Canada, y sont décrites, ainsi que certaines dispositions générales nécessaires en vue de son application.

---

Le rapport de la Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario, publié en 1965, a été un tournant décisif dans l'histoire de l'énergie électrique de cette province. Il a permis de constater que les centrales hydro-électriques ne pouvaient pas répondre à la demande croissante de l'énergie électrique. Cette constatation a conduit à l'étude de nouvelles sources d'énergie, notamment le nucléaire.

Le rapport de la Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario, publié en 1965, a été un tournant décisif dans l'histoire de l'énergie électrique de cette province. Il a permis de constater que les centrales hydro-électriques ne pouvaient pas répondre à la demande croissante de l'énergie électrique. Cette constatation a conduit à l'étude de nouvelles sources d'énergie, notamment le nucléaire.

**Résumé**

Cette étude traite des problèmes relatifs à l'approvisionnement d'énergie nucléaire alimentée par de l'uranium naturel et enrichi et refroidie à l'eau lourde à un réseau électrique de la Commission hydro-électrique de l'Ontario.

On y décrit brièvement la nature du réseau, les exigences énergétiques de la charge, les ressources d'énergie, les prévisions de charge, les facteurs économiques qui entrent en jeu et les projets d'aménagement de nouvelles centrales. De ces caractéristiques on déduit les exigences fondamentales qui doivent être satisfaites pour l'aménagement d'une centrale d'énergie nucléaire dans le cadre d'un réseau existant.

On y passe en revue les caractéristiques des divers types de centrales d'énergie nucléaire maintenant en usage en fonction des exigences du réseau de l'Ontario-Hydro et on indique que le type à l'eau lourde et à l'uranium naturel est préférable pour cette application. Les principales caractéristiques de projet de base pour ce type de centrale, actuellement en construction au Canada, y sont décrites ainsi que certaines dispositions générales nécessaires au développement d'un programme de construction de centrales nucléaires.

**1. Introduction**

Après 1965, la Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario a commencé à exploiter de grandes centrales thermiques à charbon et à gaz. A cause de ces nouvelles centrales, il semble que les centrales nucléaires utilisant des réacteurs à eau lourde et à l'uranium naturel soient particulièrement indiquées pour ce service. Pendant la période que lui offre cette conjoncture, l'Atomic Energy of Canada Limited a entrepris, dans le cadre de son programme de production

CHAMBRE DES COMMUNES

Quatrième session de la vingt-quatrième législature  
1960-1961

COMITE SPECIAL

DES

# RECHERCHES

Président : M. J.W. MURPHY

PROCES VERBAUX ET TEMOIGNAGES

Fascicule 26

ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED

SEANCE DU MERCREDI 31 MAI 1961

TEMOINS :

J. Blackley, Dunsmuir (Ontario), M. J. J. Gray, président de l'Atomic Energy of Canada Limited et M. G. C. Laurence, directeur de la division Recherche et de mise au point des réacteurs.





CHAMBRE DES COMMUNES

Quatrième session de la vingt-quatrième législature

1960-1961

---

COMITE SPECIAL

DES

# RECHERCHES

Président : M. J.W. MURPHY

---

PROCES-VERBAUX ET TEMOIGNAGES

Fascicule 26

---

ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED

---

SEANCE DU MERCREDI 31 MAI 1961

---

TEMOINS :

M. F. J. Bleackley, Dunnsville (Ontario); M. J. L. Gray, président de l'**Atomic Energy of Canada Limited**; et M. G. C. Laurence, directeur de la division d'étude et de mise au point des réacteurs.





COMITE SPECIAL DES RECHERCHES

*Président* : M. J.W. Murphy

*Vice-président* : M. C.A. Best

et MM.

Aiken  
Anderson  
Batten  
Bissonnette  
Bourget  
\*Brunsden

Drysdale  
Dumas  
Forgie  
Godin  
Korchinski  
McIlraith

Nugent  
Pitman  
Slogan  
Stearns  
Stewart

*Secrétaire du Comité,*  
J.E. O'Connor

\*A été remplacé le 31 mai 1961 par M. Robinson.

ORDRE DE RENVOI

Mercredi 31 mai 1961

IL EST ORDONNE — que le nom de M. Robinson soit substitué à celui de M. Brunsden sur la liste des membres du Comité spécial des recherches.

*Le greffier de la Chambre,*  
LEON-J. RAYMOND



## PROCES-VERBAL

Mercredi, 31 mai 1961.

(32)

Le Comité spécial des recherches se réunit aujourd'hui à 2 h. 40 de l'après-midi sous la présidence de M. J.W. Murphy.

*Présents* : MM. Aiken, Anderson, Best, Drysdale, Forgie, Godin, McIlraith, Murphy, Nugent, Robinson, Slogan et Stearns — (12).

*Aussi présents* : M. F.J. Bleackley, ex-directeur du projet d'un réacteur canado-indien, Trombay. De l'*Atomic Energy of Canada Limited* : M. J.L. Gray, président; M. D. Watson, secrétaire, et M. G.C. Laurence, directeur des recherches, division d'étude et de mise au point des réacteurs.

A l'issue de la discussion relative à l'ordre du jour du comité, il est convenu qu'il ne reste pas assez de temps avant la fin de la présente session du Parlement pour entreprendre un examen convenable de la politique, de l'activité et des dépenses du Conseil national de recherches.

*Il est convenu* — de demander à M. G.C. Butler, directeur des recherches, division de la biologie et de la médecine, et à M. C.G. Stewart, directeur des recherches médicales, de venir témoigner le mardi 6 juin.

M. Bleackley est présenté; il donne brièvement son *curriculum vitae* puis entreprend la lecture d'un court exposé relatif à la construction et à l'exploitation du réacteur canado-indien de Trombay (Inde).

Le Comité questionne M. Bleackley sur ses allégations visant la réception de matériaux défectueux ainsi que sur le dessin et la résistance de l'ossature du dôme.

Le Comité discute de la possibilité de joindre à son dossier des exemplaires des procès-verbaux d'une réunion tenue le 5 février 1958 dans le bureau de M. Bahbah, président de la Commission de l'Energie atomique de l'Inde, et ceux non signés d'une réunion tenue à une date imprécise dans le bureau de M. E.C. Allardice, contrôleur au Centre de l'Energie atomique de Trombay.

M. Gray et M. Laurence répondent aux allégations de M. Bleackley et insistent en particulier sur les essais de résistance à la pression de l'ossature du dôme et sur les précautions prises à l'endroit de la garantie de la sécurité.

A 5 h. 5 de l'après-midi, le Comité s'ajourne au jeudi 1er juin 1961 à 10 heures du matin.

*Le secrétaire du Comité,*  
J.E. O'Connor



## TEMOIGNAGES

Le PRESIDENT : Messieurs, nous sommes en nombre. Je pense qu'il serait bon que nous discutons tout d'abord de nos futures délibérations. Nous avons deux témoins en ce moment, M. Bleackley et M. John Davis, qui seront ici demain après-midi. L'un d'entre vous souhaiterait-il appeler d'autres témoins ?

Dans la négative, je suggère que nous entreprenions aujourd'hui ou demain l'examen de la procédure que nous suivrons en ce qui concerne les délibérations sur l'Eldorado. Nous avons convenu, lors de l'ajournement de celles-ci, d'attendre que le Royaume-Uni et le Canada aient signé le contrat portant sur 12,000 tonnes d'uranium. Nous apprenons que les pourparlers s'engageront dans le courant de la semaine prochaine, mais il ne fait aucun doute que la signature du contrat prendra encore un certain temps. J'ai cru comprendre que les représentants du Royaume-Uni devront retourner dans leur pays pour discuter du projet avec les milieux gouvernementaux autorisés. Si vous êtes d'accord pour que nous achevions l'audition des témoignages avant d'être en possession d'un rapport sur le contrat précité, nous pourrions commencer la préparation du compte rendu la semaine prochaine ou pendant ce week-end. Quelle est la forme de rédaction qu'envisage le Comité ? Je pense — et je crois que quelques-uns d'entre vous ont exprimé le même avis — que nous pourrions établir deux rapports distincts, l'un pour l'Eldorado et l'autre pour l'Energie atomique. Etes-vous d'accord ?

M. McRAITH : Deux rapports distincts ou un rapport en deux parties ? Nous n'avons qu'une référence.

Le PRESIDENT : Nous pourrions établir deux rapports. Le principal est de les séparer car leur objet porte sur deux questions importantes qui nous ont été soumises et je suis d'avis que cette distinction justifierait deux rapports.

M. McILRAITH : Qu'allons-nous faire alors du Conseil national de recherches ?

Le PRESIDENT : Que proposeriez-vous ? Nous ignorons quand la Chambre va s'ajourner et je crois que plusieurs d'entre nous — et en tout cas moi-même — pensons que la question du Conseil national de recherches devrait prendre presque une session complète du Parlement.

M. McILRAITH : C'est mon avis et je me demandais comment, si nous établissons deux rapports, nous mènerions à bien les trois études dont nous sommes chargés. Je n'ai aucune objection à dresser deux rapports mais qu'en pensez-vous ?

M. ROBINSON : Si nous en finissons avec l'Energie atomique, je ne vois pas pourquoi nous n'établirions pas un rapport, quitte à en rédiger plus tard un autre sur l'Eldorado.

M. McILRAITH : Je suis heureux que vous ayez soulevé la question, Monsieur le président. Je reconnais que je n'y ai pas beaucoup pensé. Nous devons nous baser, je suppose, sur cette partie de la question de l'Eldorado et nous ne serons pas en possession de celle du Royaume-Uni à temps pour le rapport. J'imagine que nous devons réunir les renseignements épars importants et établir un rapport. Je n'ai pas d'opinion particulière quant à la forme : que ce soit un rapport en deux parties ou deux rapports distincts.

M. BEST : Monsieur le président, j'estime qu'il faudrait au moins que ce soit en deux sections et je ne pense pas que nous devrions attendre l'aboutissement des pourparlers engagés à propos du contrat. Il me semble que nous pourrions probablement poursuivre et établir un rapport à partir des renseignements que nous avons déjà en main à propos de l'Eldorado.

En ce qui concerne l'Energie atomique et les autres témoins, je pense que nous approchons de la fin. On a proposé à plusieurs reprises d'entendre des personnes supplémentaires de Chalk River. Les noms de M. Butler et de M. Stewart ont été mentionnés et, personnellement, je pensais qu'il serait peut-être possible de leur demander de venir mardi prochain si cette audition ne doit pas prolonger les séances du Comité. Je crois qu'à côté des questions de dessin et de construction du réacteur, il en reste d'autres à examiner, en grande partie pour notre propre information. Au cours de voyages effectués à Chalk River vers l'année dernière, on a entendu dire que ces personnes aimeraient poursuivre les projets et je crois qu'il serait intéressant de leur demander de nous parler de leur travail et de consigner leur exposé dans nos rapports de comité.

M. McILRAITH : Si nous devons examiner cette question maintenant, peut-être pourrions-nous reporter la décision finale à la séance de demain ?

Le PRESIDENT : Ce serait parfait.

M. McILRAITH : Il me semble qu'il y a également une chose que nous devrions examiner à propos de la partie Eldorado. J'ai remarqué que vous avez dit que les pourparlers auraient lieu ici. Je trouve que les comptes rendus devraient relater l'état d'avancement actuel de l'affaire en pourparlers. Ceux-ci n'étant pas encore terminés, notre rapport en attestera.

Le PRESIDENT : Il y a quelque chose à ce sujet au compte rendu. M. Gilchrist a indiqué lors de la dernière séance à laquelle il a assisté que les pourparlers ne s'engageraient pas avant le 12 juin.

M. BEST : Je pense que le renseignement est fondé.

M. McILRAITH : Si c'est le cas, tout est parfait; sinon, nous devrions veiller à ce que quelque chose justifie la méthode que nous suivons.

Le PRESIDENT : C'est mentionné dans le compte rendu.

Entre temps, voudriez-vous décider si vous voulez aborder la question du Conseil national de recherches ou si nous devrions attendre d'avoir obtenu du ministre l'assurance que cette étude incombera bien encore à ce comité spécial lors de la prochaine session.

M. BEST : Pouvons-nous en décider dès maintenant ? Personnellement, j'estime que nous ne devrions pas poursuivre.

M. McILRAITH : J'aimerais moi-même continuer mais je ne crois pas que ce soit la bonne méthode.

Le PRESIDENT : Est-ce d'accord ? Nous accepterons cet avis comme celui du comité.

M. BEST : Avant d'aller plus loin, et à toutes fins utiles, je crois que nous avons précédemment questionné M. Gray sur les autres personnes que nous pensions devoir convoquer à propos de l'A.E.C.L. M. Gray, pourriez-vous nous éclairer davantage sur ce sujet maintenant ? Je parle des personnes en dehors de la Société ou de celles qui appartiennent à d'autres divisions que celle du rédacteur.

M. J.L. GRAY (*président, Atomic Energy of Canada Limited*) : Dans le cadre de la compagnie ? Nous n'avons aucune objection à ce que qui que ce soit vienne témoigner si vous pensez que cela peut aider le Comité. Toutefois, une ou deux personnes mentionnées ont déjà témoigné devant le Comité à Chalk River et ont soumis des exposés écrits destinés au compte rendu. Par exemple, M. Butler a fourni un exposé de trois ou quatre pages sur son travail; d'autres personnes également. Si vous désirez le faire venir et l'entendre à nouveau, c'est certainement possible mais je crois que ce sera là une répétition.

M. BEST : Je le reconnais; néanmoins, il serait précieux de pouvoir consigner ces exposés au compte rendu du Comité.

Le PRESIDENT : Les déclarations de M. Butler figurent au compte rendu.

M. BEST : Que penseriez-vous de les questionner sur leurs exposés ? Je suppose qu'une seule séance suffirait si nous avions devant nous deux ou trois personnes et ceci nous permettrait d'aborder le problème sur une base plus équilibrée.

Le PRESIDENT : A qui pensez-vous en dehors de M. Butler ?

M. BEST : J'ai mentionné le nom de M. Stewart; M. Gray pourrait peut-être nous proposer quelqu'un d'autre ?

M. GRAY : En dehors de la division de mise au point du rédacteur, les personnes de Chalk River à qui nous avons demandé de venir témoigner devant le Comité étaient M. Campbell, chef de la division de la recherche chimique et métallurgique, M. Butler, chef de la division de biologie et de médecine, M. Elliot, chef de la division de recherche en physique, et M. Stewart, que vous avez mentionné et qui est directeur du service médical. Je suppose que les aspects sanitaires dont pourraient traiter MM. Butler et Stewart vous intéressent davantage.

M. BEST : Je le crois, ainsi que les applications biologiques et la recherche pure qu'ils peuvent entreprendre. Le sujet a été rapidement évoqué ici et l'a certainement été à titre privé par divers membres de notre Comité. Si mes collègues sont d'accord, je pense qu'il serait utile de revenir brièvement sur cet aspect, mais je suis à vos ordres, Monsieur le président.

Le PRESIDENT : Le Comité est-il d'accord pour convoquer les personnes sus-nommées mardi prochain ? Il s'agit de M. Butler et de M. Stewart.

M. GRAY : Je serai absent, ainsi que vous le savez, et je leur demanderai d'éviter toute question de politique, mais ils peuvent certainement venir et ils se savent libres d'aborder tous les aspects techniques de leur travail et de leurs effets.

M. BEST : Je ne pense pas que nous leur demanderons quoi que ce soit concernant les études sur le réacteur.

Le PRESIDENT : C'est bien.

M. AIKEN : Dois-je comprendre que nous avons terminé notre travail sur l'Eldorado ?

Le PRESIDENT : M. Gilchrist désire fournir quelques renseignements.

M. AIKEN : C'est à quoi je pensais.

Le PRESIDENT : Y a-t-il des questions qui n'ont pas reçu de réponse ?

M. AIKEN : Quelques-unes, oui, en ce qui concerne l'assurance et d'autres concernant les contrats d'uranium.

Le PRESIDENT : Je me suis trouvé en contact avec M. Gilchrist et je lui ai demandé s'il pouvait nous donner des détails sur l'assurance de la même façon que M. Gray l'a fait en ce qui concerne l'Energie atomique; nous avons également discuté du communiqué relatif à la réunion des Bermudes. Je lui avais demandé, à l'époque, de nous remettre un communiqué et il me l'a envoyé aujourd'hui. Je l'ai reçu ce matin.

M. AIKEN : Je suppose qu'il n'y aura rien à propos des contrats, de leurs pourparlers ? Nous n'entreprendrons pas au cours de nos réunions actuelle l'étude des négociations sur les contrats d'uranium.

Le PRESIDENT : Je ne pense pas que nous ayons besoin d'examiner davantage cette question qui est maintenant l'affaire des deux gouvernements.

M. AIKEN : Merci.

M. McILRAITH : J'ai une proposition à faire avant que vous consigniez les réponses au compte rendu, J'ai une question importante à formuler et il se peut qu'il y en ait d'autres. Pourrions-nous tout traiter en une seule réunion ?

Le PRESIDENT : Voudriez-vous énumérer les questions maintenant, monsieur McIlraith, si vous vous en souvenez, et je ferai passer la liste.

M. McILRAITH : Oui, je l'ai ici ainsi qu'une copie de la lettre écrite au secrétaire du Comité qui n'est pas du tout en rapport.

Le PRESIDENT : Nous vous écoutons.

M. McILRAITH : J'allais proposer de grouper toutes les questions relatives à l'Eldorado au lieu d'en voir certaines aujourd'hui et d'autres le lendemain, ce qui nous permettrait d'en terminer en une seule séance.

Le PRESIDENT : Le Comité est-il d'accord pour examiner ces questions et les porter au compte rendu de ce jour ? Pas d'objection ?

M. McILRAITH : Non, ce que je veux, c'est soulever un point ou deux à propos de ces questions et j'hésite à le faire en présence des témoins de l'Energie atomique — qui nous fait recevoir aujourd'hui une partie des témoignages pour l'Eldorado et une partie pour l'Energie atomique. J'allais proposer que nous remettions la question de l'Eldorado à la prochaine séance.

Le PRESIDENT : Etes-vous d'accord pour poser ces questions à M. Gilchrist soit par mon intermédiaire soit par celui de secrétaire du Comité et que les réponses du témoin soient consignées au compte rendu ou voulez-vous faire venir M. Gilchrist ?

M. McILRAITH : Je voudrais voir M. Gilchrist à propos d'une question que j'ai posée parce que la réponse qu'il a adressée au secrétaire ne correspond pas à ce que j'ai demandé.

Le PRESIDENT : Donc, nous tâcherons d'en terminer mardi prochain avec l'Energie atomique; j'espère que ce sera fini dans la matinée; nous pourrions entendre M. Gilchrist l'après-midi. Il devait s'absenter. Monsieur Gray, connaissez-vous la date de son départ ? De toute façon, nous nous en informons. La question est donc réglée ainsi. Réunion mardi prochain pour terminer le chapitre de l'Energie atomique dans la matinée et entendre M. Gilchrist dans l'après-midi. Si le Comité est d'accord, je mettrai en ordre ces réponses, les soumettrai à M. Gilchrist et les consignerai au compte rendu de la journée.

Nous avons aujourd'hui M. Frank J. Bleackley, ex-directeur du projet de réacteur canado-indien. M. Bleackley est revenu il y a quelques jours à peine de l'Inde. Monsieur Bleackley, auriez-vous l'obligeance de donner au Comité un bref aperçu de vos connaissances, de vos qualifications et de votre expérience ? M. Bleackley n'a pas préparé d'exposé et n'a que trois ou quatre exemplaires de ses notes.

M. FRANCK J. BLEACKLEY (*ex-directeur du projet de réacteur canado-indien*) : Monsieur le président, messieurs, je suis ingénieur en génie civil et construction et j'ai reçu ma formation en Angleterre où j'ai travaillé pendant un certain nombre d'années. Je suis arrivé au Canada il y a 13 ans et j'ai travaillé dans la construction, principalement pour la *Shawinigan Engineering Company* de Montréal avec laquelle j'ai passé sept ans en tant que chef du bureau d'étude et deux ans en tant que responsable des plans et, pendant une certaine période, de la surveillance de la construction du réacteur canado-indien.

Mes connaissances se situent dans la construction, le génie civil et non dans le domaine nucléaire comme tel.

J'ai préparé quelques notes que je me permettrai de vous lire et qui récapitulent quelques-uns des sujets dont je suis à même de traiter. Je suis à votre disposition pour développer un point quelconque et je répondrai avec plaisir à vos questions.

1) J'ai conclu de ma lecture des éléments qui vous ont été récemment présentés que vous vous intéressiez particulièrement à la sécurité, aux prix de revient et à l'organisation.

2) J'aimerais parler de ces questions dans un contexte différent, celui d'un projet en cours de réalisation sous une direction canadienne, c'est-à-dire le réacteur canado-indien situé près de Bombay. Il me semble que la similitude de quelques-uns

des problèmes dont vous avez discuté avec ceux éprouvés aux Indes est plus qu'une coïncidence : les questions dont on s'est préoccupé aux Indes il y a plus de trois ans sont encore à l'ordre du jour mais au Canada cette fois-ci et j'espère que mes observations à leur propos pourront être utiles.

3) Je crois que le gouvernement canadien réalise d'habitude ses projets à l'étranger par l'intermédiaire d'un des services du ministère du Commerce. Cependant, la méthode a été différente en ce qui concerne le réacteur canado-indien et c'est l'A.E.C.L. qui s'en est vu confier la direction. Cette situation a une importance particulière et résulte de l'aspect nucléaire du projet. Toutefois, les événements qui suivent, et auxquels j'ai été mêlé, n'ont rien à voir avec les réacteurs eux-mêmes et sont arrivés durant les phases de construction de l'ossature.

4) Je ne parlerai donc pas des réacteurs d'eau lourde ou des millièmes par kw/heure, mais de ce pour quoi nous avons passé à l'étranger en adoptant, dans le domaine nucléaire, certaines méthodes de construction qui me sont familières.

5) Ma participation à ce projet remonte à l'automne 1955, époque à laquelle la *Shawinigan Engineering Company*, ingénieurs-conseils en cette affaire, m'en a confié la direction.

6) Une fois les plans mis en route, j'ai été détaché à Bombay en tant qu'ingénieur en chef résident de la *Shawinigan* et représentant de l'A.E.C.L. Je suis arrivé à Bombay en décembre 1956; l'entrepreneur canadien avait déjà commencé la construction.

7) Pendant mon détachement, l'histoire du déroulement des travaux est surtout celle des efforts accomplis pour abriter le réacteur sous un dôme hermétiquement clos, de telle sorte qu'aucune déperdition de gaz ne puisse advenir et ce qui suit vous donnera une idée du problème.

D'après moi, les problèmes découlant de l'érection et de la soudure du dôme sont à l'origine de la peur de tout un chacun d'effectuer les essais de résistance à la pression de l'ossature exigés par les spécifications. Ceux-ci font partie des "événements incroyables" (et je cite) dont a parlé un ingénieur en accueillant un éminent Canadien qui accomplissait un voyage d'inspection. Le dôme est-il à toute épreuve et physiquement capable de contenir les gaz viciés sous pression en cas d'accident ? C'est la question qui se pose et m'inquiète au plus haut point.

8) Des procès verbaux de réunions indiquent les milliers de dollars qui ont été inscrits au débit du Canada pour (et je cite encore) "entreprise inadéquate" et "surveillance inadéquate" de la part des Canadiens. L'attitude de la direction vis-à-vis des problèmes de transport et autres a engendré un malaise qui m'a conduit à résigner mon poste de représentant de l'A.E.C.L. aux Indes. Tant les cadres indiens que moi-même nous sommes grandement préoccupés des plaisanteries vaguement cyniques que nous entendions, à savoir l'entrepreneur canadien travaillait-il pour la direction ou la direction pour l'entrepreneur ?

9) A l'automne 1957, j'étais pressé d'assouplir à maints égards les spécifications. D'autre part, le gouvernement indien m'ordonnait de n'en rien faire. Ainsi que Charles Lynch l'a révélé dans un article paru dans le *Spectator* de Hamilton, M. Gray lui-même s'est chargé d'apporter des modifications aux spécifications.

10) L'A.E.C.L. doublait, du Canada, une direction qui s'effectue normalement sur place. Les organismes qui possèdent une grande expérience de la construction connaissent bien le danger d'un tel procédé auquel on devrait apporter beaucoup plus d'attention pour les travaux à venir.

11) A la fin de 1957, les choses allaient de mal en pis. Le siège social ne m'accordait aucun appui pour régler ces questions urgentes qui nécessitaient une direction ferme et je ne pouvais pas résigner mes fonctions. Ainsi que vous le comprenez, le directeur qui démissionne juste au moment où les choses deviennent un peu difficiles n'est pas spécialement prisé dans sa profession. Un ancien président

de la société juridique de Bombay m'a dit que la majeure partie des difficultés qui ont surgi sont parties du contrat mal assis conclu entre l'entrepreneur canadien et son sous-traitant local, chose qu'on ne devrait pas laisser se produire dans aucune affaire traitée avec l'étranger.

12) Ainsi, lorsqu'en février 1958 j'ai eu l'occasion de démissionner avec l'assentiment de ma compagnie, ce fut pour moi, à quelques égards du moins, un soulagement. Cependant, les circonstances de cette démission furent plus en rapport avec une dictature qu'avec les procédés en usage dans une démocratie. Le secrétaire d'Etat indien voulait que ma situation soit discutée devant M. Nehru, ce qui n'a pas eu lieu et, à la place, l'A.E.C.L. a déclaré en comité que si ses recommandations n'étaient pas adoptées ils (le Canada) remettraient aux Indes le réacteur en pièces détachées et se retireraient du projet. Je me suis souvent demandé ce que notre Premier ministre aurait pensé d'une telle déclaration.

13) J'ai démissionné en février 1958. En avril, j'ai quitté les Indes, très dubitatif quant à l'installation et à la sécurité future de la population résidant autour de Bombay s'il survenait un accident nucléaire.

M. McILRAITH : Puis-je poser une ou deux questions ? Vous avez dit que vous avez démissionné en 1958 ?

M. BLEACKLEY : Oui.

M. McILRAITH : Quels contacts avez-vous eus avec le projet depuis cette époque ?

M. BLEACKLEY : J'ai démissionné en 1958. Je suis resté aux Indes jusqu'en avril 1958 et suis revenu au Canada le 19 avril 1958. Je n'ai eu aucun contact avec le projet depuis et jusqu'à ce que je retourne aux Indes il y a quelques semaines et pour d'autres raisons. Il m'a alors été donné de revoir le réacteur et de parler sur place avec un certain nombre de personnes, entrepreneurs et autres, qui avaient été associées au projet en même temps que moi.

M. DRYSDALE : Quelle est votre impression à l'heure actuelle, après avoir revu le réacteur ? Venez-vous de rentrer ?

M. BLEACKLEY : Oui, je suis rentré il y a dix jours.

M. DRYSDALE : Quel est votre avis maintenant, à la lumière des critiques que vous avez déjà formulées ?

M. BLEACKLEY : Je reste sur mes positions.

M. DRYSDALE : Vous n'avez pas changé d'avis ?

M. BLEACKLEY : En aucune façon.

M. DRYSDALE : Pourriez-vous préciser vos critiques du dôme ?

M. BLEACKLEY : Le dôme a été construit, devrais-je dire, par deux entrepreneurs canadiens. L'Energie atomique ne nous permettrait pas de confier la totalité du contrat à une seule entreprise par suite de l'importance du montant en cause et nous avons été dans l'obligation de partager le travail entre deux compagnies. Les matériaux ont été envoyés aux Indes.

M. BEST : Pourriez-vous donner plus de détails sur ce point ? Vous dites "par suite de l'importance du montant en cause". Qu'entendez-vous par là, au juste ?

M. BLEACKLEY : Je devrais ajouter que la *Shawinigan* agissait en tant qu'acheteur pour le compte de l'Energie atomique. Nous avons lancé des appels d'offres pour la construction du dôme et d'autres structures. La *Dominion Bridge* était l'entreprise la plus compétente de celles que nous avons consultées, mais son prix beaucoup trop élevé. Etant donné sa compétence et son expérience supérieures à celles de ses concurrents, la *Dominion Bridge* aurait dû se voir attribuer l'affaire, mais l'Energie atomique n'était pas d'accord. Cette dernière estimait que, dans tous les cas,

il fallait accorder le contrat au soumissionnaire le moins cher pour ne pas encourir de critique de la Chambre des Communes et nous avons dû donner le travail au plus bas soumissionnaire.

M. DRYSDALE : Quel était, en dollars, le montant total du contrat ? Vous en souvenez-vous ?

M. BLEACKLEY : Non.

Le PRESIDENT : Approximativement ?

M. BLEACKLEY : Je ne m'en souviens pas.

M. BEST : Et quels étaient les autres soumissionnaires ?

M. BLEACKLEY : La *Davie Shipbuilding Company* et la *Canadian Vickers*.

M. STEARNS : Ne sont-ce pas là deux compagnies étroitement associées ?

M. BLEACKLEY : Je ne suis pas au courant. La *Davie Shipbuilding* a reçu le contrat des travaux de blindage et la *Vickers* le contrat de la charpente. Je n'ai pas connaissance d'une relation quelconque entre les deux entreprises. En fait, je les crois concurrentes.

M. DRYSDALE : Vous avez témoigné de votre inquiétude quant à la sécurité que présente le dôme et son inaptitude à contenir les gaz viciés sous pression. La conception de ce dôme est-elle entièrement nouvelle ? N'a-t-on effectué aucun essai sur maquette pour en connaître la résistance ?

M. BLEACKLEY : Aucun essai sur maquette n'a été effectué. Les spécifications prévoient des essais sous pression du dôme après son achèvement et ces essais ne sont toujours pas faits.

M. BEST : Ils n'ont pas été faits depuis ?

M. BLEACKLEY : Non.

Le PRESIDENT : Pourriez-vous nous indiquer le prix, monsieur Bleackley ?

M. BLEACKLEY : Il me semble qu'il était de l'ordre de \$100,000 à \$200,000. Je ne puis me souvenir des chiffres.

M. BEST : Etait-ce la différence entre les prix ?

M. BLEACKLEY : Non, c'était le prix de ce dont nous parlons actuellement.

M. DRYSDALE : A titre d'information, Monsieur Bleackley, ce réacteur doit-il être une réplique exacte du réacteur NRX ?

M. BLEACKLEY : La partie réacteur proprement dite, c'est-à-dire la pile et les installations expérimentales, était presque une réplique du NRX mais alors que ce dernier est abrité dans un bâtiment en brique conventionnel surmonté d'un toit en béton, le réacteur canado-indien est abrité sous un dôme d'acier. Le dôme a pour but de contenir les gaz viciés dans le cas d'un accident ou d'une fuite quelconque survenant dans le réacteur.

M. DRYSDALE : Quel en était le prix de revient ? Avez-vous une idée du coût original du réacteur canado-indien ? Savez-vous quelles étaient les prévisions à ce sujet ?

M. BLEACKLEY : L'A.E.C.L. avait estimé que le réacteur coûterait à chaque pays 7 millions et demi de dollars et c'est ce chiffre que mentionne l'accord intergouvernemental canado-indien mais il s'agissait véritablement là d'une supposition basée sur ce qu'avait coûté le NRX et accompagnée d'une formule de révision de prix pour tenir compte de leur évolution au cours des dix années écoulées depuis la construction du NRX; cependant, aucune considération des installations particulières au site telles que le dôme, le système spécial de refroidissement nécessaire, etc., n'était intervenue dans ce prix.

M. DRYSDALE : Etait-ce une estimation et avait-on compris un quelconque bénéfice dans le chiffre total de 15 millions de dollars ?

M. BLEACKLEY : Il comprenait, soi-disant, les bénéfices des divers entrepreneurs. Ce n'était pas le prix de revient net de l'Energie atomique du Canada.

M. DRYSDALE : Nous parlons bien des 7 millions et demi de dollars ?

M. BLEACKLEY : Oui.

M. DRYSDALE : L'Inde fournissait-elle les différentes prestations ? Les matériaux de base entrés dans la construction étaient-ils fournis sur place ?

M. BLEACKLEY : Je crois qu'on avait pensé que le Canada fournirait ou manufacturerait tout ce qui devait être construit et que l'Inde prendrait en charge les matières premières indigènes, la main-d'oeuvre non spécialisée et certaines prestations de génie civil pouvant être financées avec des roupies.

M. DRYSDALE : Vous avez dit qu'en 1957 vous aviez été pressé d'assouplir les spécifications. Pourriez-vous vous expliquer un peu plus là-dessus ? Quelles sont les spécifications qui ont fait l'objet de cette demande et cet assouplissement a-t-il été effectué ?

M. BLEACKLEY : Le dôme a été construit par ces deux compagnies. La compagnie Warnock-Hersey a inspecté toutes les matières premières et a certifié en bonne et due forme que les matériaux fabriqués par les compagnies Vickers et Davie étaient conformes aux dessins et aux spécifications. La compagnie Warnock-Hersey a fourni non pas des douzaines mais des centaines de rapports attestant la conformité des matériaux, mais quand ceux-ci arrivèrent aux Indes on s'aperçut qu'ils étaient criblés d'erreur, des milliers à proprement parler, qui provoquèrent certains retards dans l'érection.

M. DRYSDALE : Vous dites des milliers d'erreurs. Quelle était la nature de ces erreurs particulières ?

M. BLEACKLEY : Les tôles n'étaient pas coupées aux bonnes dimensions, les trous étaient percés aux mauvais endroits, les éléments de la charpente ne s'ajustaient pas.

M. BEST : Vous voulez parler des trous des écrous ?

M. BLEACKLEY : Oui, les trous qui auraient dû se recouvrir et bien que ces erreurs n'aient pas été excessivement difficiles à corriger, il fallait les rectifier avant que l'assemblage des matériaux puisse être effectué.

M. STEARNS : Pourquoi n'a-t-on pas percé les trous sur place plutôt qu'à Québec ou Montréal ?

M. BLEACKLEY : La construction d'un édifice ou d'une structure de ce type serait difficile et compliquée si on envoyait des matériaux nus qu'il faille travailler sur place. En principe, le perçage des trous nécessite des gabarits et l'exécution à pied d'oeuvre de pareil travail serait particulièrement malaisée.

M. STEARNS : On n'a jamais assemblé ici ces éléments avant de les envoyer en pièces détachées aux Indes ?

M. BLEACKLEY : On a assemblé au Canada un des dix-huit cintres destiné à la charpente du dôme afin de vérifier la forme d'ensemble. Ce travail a été accompli sous ma direction pour obtenir la certitude que la voubure des longerons était correcte. Toutefois, nous n'avons pas vérifié ces derniers individuellement pour contrôler chaque trou, travail de routine pour compagnie de vérification.

M. DRYSDALE : Où pensez-vous que les erreurs se sont produites, dans les plans originaux et les spécifications ?

M. BLEACKLEY : Non, dans les méthodes de fabrication.

M. DRYSDALE : Qu'entendez-vous par "méthodes de fabrication" ?

M. BLEACKLEY : Les constructeurs n'ont pas vérifié, par exemple, les éléments de la charpente, les tôles ployées, les entretoises, etc., et des erreurs se sont produites dans les cotes au moment du découpage et du perçage des trous.

Le PRÉSIDENT : Le perçage des trous a-t-il été fait lors de la mise en forme de la tôle sur la matrice ? Vous voyez ce que je veux dire. Ces cintres d'acier dont vous parlez auraient-ils dû être percés aux cotes voulues alors qu'ils étaient sur la matrice ?

M. BEST : Peut-être ont-ils été forés ultérieurement au coulage de l'acier ?

M. BLEACKLEY : Non, l'acier se présentait sous forme de sections standard, c'est-à-dire des poutres en double T telles que vous les voyez dans les édifices en construction du centre de la ville. L'acier arrive à l'usine dans cette forme et les trous sont percés aux endroits nécessaires, les éléments ployés et coupés aux longueurs voulues. Le perçage des trous se fait après le laminage des sections.

M. BEST : Ce dôme est sans doute circulaire et peut, de la sorte, supporter la pression. Est-ce bien là le rôle d'une sphère ? L'ayant récemment revu, quelle est votre opinion, qu'est-ce qui, d'après vous ne va pas maintenant ? Vous étiez à même de corriger certaines des erreurs que vous aviez constatées à l'arrivée des matériaux ?

M. BLEACKLEY : Nous avons rectifié toutes les erreurs que nous avons alors trouvées. La correction des erreurs trouvées sur le travail de la Vicker a coûté \$12,000 environ et sur celui de la Davie Shipbuilding \$27,000. Toutefois, ce n'est pas de ces erreurs qu'ont surgi les difficultés, mais d'autres questions. L'entrepreneur qui agissait en tant qu'agent de l'Energie atomique avait sous-traité le véritable travail à une entreprise indienne.

M. BEST : Vous voulez dire que la *Shawinigan* a sous-traité ?

M. BLEACKLEY : Non, la *Foundation Company of Canada*.

M. BEST : Vous travaillez avec la *Shawinigan*. Quelle est la relation entre la *Shawinigan* et la *Foundation Company* ?

M. BLEACKLEY : En théorie, la compagnie *Shawinigan* était censée contrôler tout le travail effectué par la compagnie *Foundation* et les autres entrepreneurs afin de s'assurer qu'il correspondait exactement aux spécifications. La raison qui a présidé au partage des travaux est la suivante : d'une part, le ministère de l'Energie atomique des Indes avait proposé à M. Gray de confier le travail à une seule compagnie — en l'occurrence la *Shawinigan Engineering company* — mais M. Gray avait estimé qu'il était imprudent de placer la responsabilité d'un tel ouvrage entre les mains d'une seule compagnie et d'un seul homme parce que, pensait-il, si des difficultés et des problèmes surgissaient l'ingénieur pouvait préférer laisser aller les choses plutôt que voir mettre en défaut sa propre compétence. Ainsi, l'idée directrice était de s'assurer le respect des spécifications par le partage du contrat entre deux compagnies, la *Foundation Company* et la *Shawinigan Engineering Company*, la première étant chargée de l'érection et la seconde de la vérification de la concordance de la construction avec les spécifications.

M. STEARNS : Voulez-vous dire que la *Shawinigan* n'a envoyé aucun contrôleur à la *Davie Shipbuilding* ou à la *Vickers* pour vérifier les tôles pendant la construction ?

M. BLEACKLEY : Ainsi que je l'ai dit ce travail a été mené selon l'ordinaire, c'est-à-dire qu'on sous-traite à un bureau de vérification spécialisé dans ce genre de travail le contrôle des éléments.

M. BEST : De quel bureau de vérification s'agissait-il ?

M. BLEACKLEY : La *Warnock-Hersey Engineering Company*.

M. BEST : A-t-elle une relation quelconque avec l'autre compagnie ? Il a fallu deux compagnies pour effectuer l'inspection ?

M. BLEACKLEY : Non. La *Warnock-Hersey* est une compagnie particulière qui se spécialise dans les vérifications.

M. STEARNS : La *Shawinigan* a-t-elle retenu ses services ?

M. BLEACKLEY : Oui.

M. STEARNS : Ainsi, il appartenait à la *Warnock-Hersey* et non à la *Vickers* et à la *Davie* de veiller à la correction des matériaux ?

M. BLEACKLEY : Oui, les vérificateurs sont allés dans ces deux usines.

M. DRYSDALE : Où l'erreur se serait-elle produite ? Pourriez-vous nous indiquer à quel moment vous pensez qu'elle a eu lieu ?

M. BLEACKLEY : Je présume que le travail de vérification a été "bousillé". J'ignore ce qui est arrivé à la Vickers, mais une chose plutôt étrange s'est produite à la *Davie Shipbuilding*. Le vérificateur qui avait été chargé de l'inspection à cette dernière compagnie et qui a vérifié le travail pour notre compte a quitté sa situation après avoir terminé ladite inspection et il est entré en tant qu'inspecteur en chef à la *Davie Shipbuilding*. J'ignore ce qui s'est passé.

M. STEARNS : Travaillez-vous encore pour le compte de la Shawinigan, monsieur Blackley ?

M. BLEACKLEY : Non, monsieur, j'ai démissionné de cette compagnie en décembre 1958.

M. BEST : Vous étiez à même de corriger toutes ces erreurs lors de l'arrivée sur place des matériaux mais, d'après vous, quel est actuellement le problème ?

M. BLEACKLEY : Ainsi que je l'ai dit la compagnie Foundation a sous-traité l'érection à une compagnie locale. Le libellé du contrat passé entre la Foundation et le sous-traitant était très mauvais et l'intégralité dudit contrat ne pouvait être exécutée. La compagnie locale avait peu d'expérience dans un travail de cette ampleur et elle a éprouvé des difficultés. Lorsqu'elle a eu érigé le dôme, celui-ci n'était pas parfaitement circulaire. Nous avons tout mis en oeuvre pour forcer cette entreprise à exécuter correctement ce travail mais les autorités canadiennes, c'est-à-dire l'A.E.C.L. et les cadres de la Foundation Company avaient tellement peur que l'entrepreneur local implique la Foundation dans une action judiciaire qu'ils m'ont pressé d'arrondir les angles de toute l'affaire et de continuer coûte que coûte la construction de l'édifice, pourvu qu'on puisse l'assembler.

Le PRESIDENT : Pourriez-vous expliquer ce que vous entendez par cette pression à laquelle vous avez été soumis "d'arrondir les angles", monsieur Blackley ? Le comité aimerait le savoir. C'est important; nous avons ici les représentants de l'Energie atomique et vous venez de faire une grave déclaration. Je pense que le comité aimerait vous entendre l'étayer.

M. BLEACKLEY : Monsieur le président, nous construisons le dôme selon les spécifications préparées par la Shawinigan, signées et approuvées par l'Energie atomique. Ces spécifications contenaient un certain nombre de dispositions sur la qualité de l'exécution et de la forme de l'édifice à son achèvement. Le respect de ces spécifications présentait une grande difficulté par suite de ce que je puis appeler le "cafouillage" des sous-traitants. Ce n'était pas impossible mais difficile et prenait un temps infini. On a perdu ainsi beaucoup de temps, à tel point qu'on m'a demandé de prendre tranquillement les choses.

M. DRYSDALE : Qui vous a demandé de les prendre tranquillement ?

M. BLEACKLEY : Mes concitoyens et M. Gray.

Le PRESIDENT : Avez-vous quoi que ce soit qui puisse appuyer ce que vous venez de dire ? Un échange de lettres ?

M. BLEACKLEY : Je crois que j'ai des copies de lettres que je puis produire pour ma propre compagnie et qui font notamment état d'une réclamation adressée par la Shawinigan à la Foundation au sujet de frais supplémentaires. J'agissais pour le compte du gouvernement des Indes et je possède une lettre de la Shawinigan m'enjoignant de régler cette réclamation à la satisfaction des sous-traitants et non à la satisfaction des gens qui avaient retenu leurs services.

M. DRYSDALE : Vous avez dit que M. Gray lui-même s'était chargé de modifier les spécifications. De quelles modifications s'agit-il ?

M. BLEACKLEY : De l'assouplissement de certaines spécifications relatives à la soudure.

M. BEST : Lesquelles ?

M. BLEACKLEY : Celles relatives à la soudure.

M. DRYSDALE : Quelle répercussion cet assouplissement avait-il sur l'ensemble du projet ? Concernait-il encore le dôme ?

M. BLEACKLEY : Oui. Cela signifie que la moitié inférieure du dôme qui a été construite sous notre direction est un travail de premier ordre, ce qui n'est pas le cas de la moitié supérieure.

M. STEARNS : Pourquoi ?

M. BLEACKLEY : Imaginez, monsieur, un édifice cylindrique surmonté d'un toit en forme de dôme. Nous avons réussi à construire la partie cylindrique conformément aux spécifications, avec un soudage vérifié à 100 pour cent aux rayons X, etc.; quant à la partie supérieure, on a abaissé les normes par suite de la difficulté d'un assemblage parfait des tôles qui aurait exigé un supplément de travail considérable.

M. STEARNS : Toutes les tôles ont-elles été soudées ou avez-vous percé de nouveaux trous de boulon ?

M. BLEACKLEY : Non, la coque dont je parle est une structure entièrement circulaire et elle est entourée d'une charpente.

M. BEST : Le dôme est-il parfaitement sphérique maintenant ?

M. BLEACKLEY : Non, et ce fait est probablement dû aux méthodes de construction que les sous-traitants indiens ont employées conformément au contrat passé avec la Foundation. Nous ne sommes jamais parvenus à obtenir un édifice rond et c'est à propos de la sphéricité qu'on est passé outre à mes avis. Cet édifice n'est pas, à l'heure actuelle, parfaitement circulaire mais le siphon qui tourne autour intérieurement est parfaitement rond. Si la pression monte à l'intérieur de la construction, la structure deviendra quelque chose comme un ballon. Elle tendra à devenir parfaitement circulaire et, par suite, certaines sections seront surchargées.

M. STEARNS : Vous avez dit que la moitié inférieure du cylindre était parfaite. Seule la partie supérieure ne l'est pas ?

M. BLEACKLEY : Elle est parfaite en ce qui concerne la soudure, mais elle n'est pas parfaitement cylindrique.

M. STEARNS : Elle n'est pas cylindrique ?

M. BLEACKLEY : Non, elle ne l'est pas.

M. DRYSDALE : Ceci affecte-t-il son pouvoir de résistance aux pressions exercées ou influe-t-il sur le facteur de sécurité ?

M. BLEACKLEY : Si la pression augmente à l'intérieur de ce dôme l'édifice tendra à devenir circulaire de la même façon que lorsque vous gonflez un ballon qui prend alors un volume circulaire. Il ne s'enfle pas d'un bord mais uniformément dans toutes les directions et la même chose se produira à l'intérieur du dôme. Il tendra à devenir circulaire et la charpente, l'ossature et toutes les autres structures rigides en elles-mêmes feront probablement éclater la coque. Par suite de la dilatation uniforme de l'édifice sous pression les autres structures provoqueront probablement un craquement qui fera éclater l'édifice lui-même.

M. AIKEN : En d'autres termes, la tension ne s'exerce pas uniformément sur toutes les parties du dôme ?

M. BLEACKLEY : Exactement.

M. DRYSDALE : Quelle était la pression prévue par les spécifications ?

M. BLEACKLEY : Personne ne pourrait dire quelles seraient les pressions.

M. DRYSDALE : Quelle était la pression admissible ou la pression minimum à laquelle le dôme devrait être capable de résister ?

M. BLEACKLEY : Le dôme a été conçu de telle sorte qu'il faudrait que s'exerçât une pression de l'ordre de 25 livres par pouce carré pour provoquer une rupture grave des éléments.

M. STEARNS : 25 livres ?

M. BLEACKLEY : Par pouce carré.

M. DRYSDALE : Etant donné que vous l'avez revu il y a une semaine ou deux, quelles pressions, à votre avis, pourrait-il supporter à l'heure actuelle ?

M. BLEACKLEY : Je pense qu'une pression de cinq livres par pouce carré produirait des conditions propices à un craquement.

M. DRYSDALE : Est-il vraisemblable que ces conditions se produisent dans le réacteur ? A ce propos, est-il en service ?

M. BLEACKLEY : Il a été utilisé à demi-puissance. Au moment où j'étais sur place, il n'avait pas encore marché à pleine puissance.

M. DRYSDALE : Prévoit-on d'utiliser toute sa puissance ?

M. BLEACKLEY : Je crois qu'on a éprouvé quelques petits problèmes; que ceux-ci ont été réglés au mieux et qu'on espère pouvoir monter le réacteur à sa pleine puissance sous peu.

M. DRYSDALE : Les constructeurs s'inquiètent-ils de la sécurité maintenant ?

M. BLEACKLEY : Ils s'en sont suffisamment inquiétés, à un moment donné, pour que le président de la Commission de l'Energie atomique, ou du moins que son adjoint m'écrive en son nom pour m'enjoindre de n'accepter aucun assouplissement des spécifications sans le consentement écrit du gouvernement des Indes.

M. BEST : C'est la Commission de l'Energie atomique des Indes ?

M. BLEACKLEY : Oui.

M. DRYSDALE : Quelle en sera la répercussion sur les expériences et comment le travail pourra-t-il être effectué sans danger ?

M. BLEACKLEY : Ceci n'affectera pas le travail courant mais s'il se produit un accident qui augmente la pression, alors...

M. DRYSDALE : Quel genre d'accident pourrait provoquer l'augmentation de la pression ?

M. BLEACKLEY : La surchauffe, la fonte du carburant et la vaporisation de l'eau en refroidissement.

M. DRYSDALE : Par une fuite du réacteur ?

M. BLEACKLEY : Oui.

M. DRYSDALE : Le réacteur est-il situé de telle sorte que la sécurité alentour puisse être compromise ?

M. BLEACKLEY : Oh oui ! il est situé dans une région à population dense, sous les vents dominants du réacteur...

M. DRYSDALE : D'après vous, quel serait le degré de dégâts qui pourrait advenir, compte tenu de la taille du réacteur et du travail qui y est effectué ?

M. BLEACKLEY : Pourriez-vous répéter ?

M. DRYSDALE : J'essaie de déterminer le genre de dégâts auquel vous vous attendriez et la superficie touchée si le dôme partait et que le réacteur soit en marche, à pleine puissance ou à demi-puissance.

J'essaie d'envisager quelle pourrait être la situation et je crois que la raison de votre présence ici est de nous y aider dans les circonstances actuelles.

M. BLEACKLEY : Vous me posez une question qui n'est pas vraiment de mon ressort. Je ne suis pas un expert en questions nucléaires. Mais je puis dire que le dôme actuellement érigé pourrait avoir une défaillance si la pression atteignait 5 livres par pouce carré — et non pas 25 livres — que le gouvernement des Indes désirait vivement que le réacteur soit abrité sous une coupole d'un type tel qu'elle présente toute garantie pour la population avoisinante et qu'il a insisté très fermement pour obtenir ce genre de construction. Je n'ai aucun moyen de savoir quelle serait l'intensité des radiations s'il survenait une fuite. De toute évidence, si le dôme craquait à 5 livres par pouce carré la fuite des gaz constituerait un gros risque.

M. BEST : A titre de pure curiosité, supposons que la pression intérieure du dôme ne le fasse pas éclater, comme les gaz s'échapperaient-ils ? Existait-il un dispositif d'échappement ou de filtrage quelconque ou une méthode d'abaissement de la pression ?

M. BLEACKLEY : Pas à mon époque.

M. BEST : Si ceci arrivait et que tout tienne, que se passerait-il alors ?

M. BLEACKLEY : La pression pourrait s'échapper par les vannes d'air. Le dispositif est constamment imperméable à l'air. Il aurait été possible d'accéder à ces vannes d'air et d'établir un dispositif de détente de pression, de filtrage des gaz, etc., mais rien n'a été fait durant le temps où j'étais associé au projet.

M. DRYSDALE : A votre avis, combien faudrait-il compter pour rendre le dôme conforme aux spécifications — en d'autres termes, pour avoir un dôme capable de résister à une pression de 25 livres par pouce carré ?

M. BEST : Cette opération serait-elle possible ?

M. BLEACKLEY : C'était possible. Ce travail aurait demandé beaucoup de temps — plus que d'argent, — et c'est ce qui semblait la chose la plus embarrassante — le temps qui passait.

M. STEARNS : Quel était le diamètre du dôme ?

M. BLEACKLEY : 120 pieds, et la hauteur 65 pieds jusqu'à la base de la coupole.

M. DRYSDALE : Combien de temps faudrait-il pour réparer la coupole ?

M. BLEACKLEY : La construction aurait demandé trois mois de plus pour ériger le dôme voulu.

M. DRYSDALE : D'après vous, est-ce la condition la plus importante à présent ?

M. BLEACKLEY : On ne peut plus rien faire maintenant. Il faudrait apporter des modifications trop considérables pour remédier à cet état de chose.

M. DRYSDALE : A combien estimez-vous la prix et le temps nécessaires, en utilisant ces nouvelles spécifications, pour ajuster le réacteur aux normes que vous avez suggérées ?

M. BLEACKLEY : Maintenant ou à l'époque où j'étais sur place ?

M. DRYSDALE : Maintenant.

M. BLEACKLEY : Cela coûterait une fortune à présent; je ne m'aventurerais pas à donner un chiffre.

M. DRYSDALE : Même *grosso modo* ?

M. BLEACKLEY : Peut-être un quart de million de dollars.

M. DRYSDALE : Et combien de temps ?

M. BLEACKLEY : Un an.

Le PRESIDENT : Quelle est l'attitude du gouvernement des Indes ?

M. BLEACKLEY : Envers cette affaire ? Nous n'en avons pas discuté au cours de ma récente visite. A l'époque, le gouvernement était plutôt dégoûté de toute l'histoire. C'était en 1958.

Le PRESIDENT : A cause des raisons que vous venez de donner ?

M. BLEACKLEY : Oui, à cause de la façon tyrannique dont on l'a amené à accepter.

Le PRESIDENT : Il était obligé d'accepter ?

M. BLEACKLEY : Oui, il n'avait pas le choix.

M. BEST : Vous avez dit que l'un des représentants, le secrétaire de la Commission atomique, vous avait écrit que celle-ci n'acceptait aucun changement à moins que vous ne soyez dûment autorisé par le gouvernement. Le président vous demande maintenant si celui-ci était contraint d'accepter. Qu'est-ce qui pouvait suivre son acceptation, puisque de toute façon il y était forcé ?

M. BLEACKLEY : Lorsque j'ai reçu cette note de la part de M. Bhabha, secrétaire du ministre de l'Energie atomique, j'ai écrit à quelqu'un...

Le PRESIDENT : C'est-à-dire des Indes ?

M. BLEACKLEY : J'ai écrit au représentant de l'Energie atomique qui m'avait précédé à pied d'œuvre quelques mois auparavant et je lui ai dressé un tableau de ma situation en précisant que je n'accorderai, quelles que soient les circonstances, de concessions aux entrepreneurs ou n'assouplirait les spécifications tant que je ne serai pas en possession d'un ordre écrit émanant de Chalk River. Ceci se passait presque à la fin de 1957. Peu de temps après je crois qu'une réunion eut lieu à

Chalk River entre les représentants de l'Energie atomique et ceux de la *Shawinigan Engineering* qui aboutit à la venue à Bombay d'un représentant de la *Shawinigan*, lequel demanda ma démission. Il déclara que c'était une affaire de politique, que c'était une honte, etc., etc., mais que c'était une affaire de politique dans laquelle ni lui ni la compagnie n'avaient part et que si j'en appelais à l'aide du gouvernement des Indes, peut-être quelque chose pourrait-il être fait. Il fit les mêmes réflexions à un représentant du ministère de l'Energie atomique des Indes.

Le PRESIDENT : Qui était ce représentant ?

M. BLEACKLEY : M. Sethna. Ces observations de M. Rinfret, de la compagnie *Shawinigan*, aboutirent à ce que M. Bhabha en parle au Premier ministre, M. Nehru.

Le PRESIDENT : M. Bhabha, c'est-à-dire l'Energie atomique des Indes ?

M. AIKEN : Monsieur le président, j'aimerais s'il vous plaît invoquer la question du règlement. En tant qu'avocat, les preuves indirectes, les témoignages interposés, etc., choquent mon sens du libre arbitre. Je pense que le témoin devrait se cantonner dans les limites de ce qu'il sait et il a atteint ce point maintenant. En d'autres termes, il va à présent parler d'une discussion qui a eu lieu entre deux autres personnes et j'estime que ce n'est pas là un témoignage valable. Je pense qu'il doit s'en tenir à ce qu'il sait, à moins qu'il n'ait été lui-même présent, sans aborder des discussions qui se sont déroulées en dehors de lui-même et qui débordent ce qu'il connaît réellement.

M. DRYSDALE : Monsieur le président, en ce qui concerne la question du règlement, je pense que dans la plupart de nos délibérations nous sommes passés d'un sujet à l'autre sans porter trop d'attention à l'objection soulevée par mon excellent ami M. Aiken et j'estime que nous avons assez d'expérience pour évaluer et peser les témoignages que nous entendons. Je suis d'avis que nous devrions permettre à M. Bleackley de poursuivre son exposé car nous sommes sans aucun doute capables de l'apprécier.

M. AIKEN : Je m'élève énergiquement contre cela.

M. BLEACKLEY : Puis-je dire quelque chose ?

M. AIKEN : Je fonde mon objection sur le principe que nous ne pouvons valablement évaluer de telles déclarations d'un témoin. J'allais déjà invoquer le règlement quand il a parlé de la réunion de Chalk River alors qu'il était aux Indes. Toutefois, le témoin n'a pas dépassé à ce moment le cours normal d'une déposition parce qu'il a dit qu'il croyait qu'une réunion eut lieu qui aboutit à la venue de quelqu'un — je n'élèverais pas d'objection contre ceci. Mais je crois qu'il va maintenant formuler des remarques à propos de l'entretien que quelqu'un d'autre eut avec le Premier ministre, M. Nehru, sur un sujet que j'estime être sans rapport et basé sur de purs ouï-dire.

Le PRESIDENT : Monsieur Aiken, je suis d'accord sur votre rappel au règlement. Mais, ainsi que vous le savez, notre Comité n'est pas un tribunal, une cour de justice.

M. AIKEN : Ce devrait être une cour de bon sens

Le PRESIDENT : Nous devons accorder à M. Bleackley une certaine latitude. Son poste lui conférait de grosses responsabilités. Je comprends votre objection mais, étant donné que M. Bleackley dirigeait ce projet, il devait être au courant des discussions, particulièrement de celles qui se déroulaient entre M. Bhabha et le Premier ministre de l'Inde au sujet de cette plainte. Je suis d'avis qu'étant donné le poste qu'occupait M. Bleackley, nous devrions lui laisser une certaine latitude et nous essaierons de nous limiter autant que possible.

M. AIKEN : J'ai soulevé l'objection de telle sorte que vous en ayez conscience. J'espère que j'ai pu attirer l'attention du témoin et qu'il s'abstiendra de mentionner toutes conclusions qui ont été atteintes, etc. . . . et qui dépassaient le cadre de ses

responsabilités. Sur cette objection, je ne m'oppose pas à ce qu'il poursuive, mais je pense que nous ne devrions pas trop nous aventurer sur la question des ouï-dire et j'ai eu l'impression que c'est ce qu'il allait faire.

Le PRESIDENT : Monsieur Aiken, je suppose que la conversation qui a eu lieu entre M. Bhabha et M. Nehru a dû être portée à la connaissance du témoin et qu'il est fondé à la mentionner dans l'intérêt même des travaux du Comité.

M. BLEACKLEY : Le point n'est pas important. Tout ce que je voulais dire, c'est ceci : M. Bhabha, en tant que chef du projet pour le gouvernement des Indes, a rencontré son supérieur, M. Nehru; certaines conversations ont eu lieu à Delhi émanant de M. Nehru ou prenant naissance chez lui; elles ont abouti à ce que notre haut-commissaire, M. Chester Ronniug, se mette en rapport avec le représentant de la Shawinigan à Bombay et lui ordonne de ne rien faire tant que la question ne serait pas réglée entre le gouvernement des Indes et les représentants au Canada.

M. AIKEN : Pourriez-vous me dire, monsieur Bleackley, comment vous connaissez ceci ? Est-ce par ouï-dire ?

M. BLEACKLEY : Ces personnes m'ont répété exactement ce qu'il en était. Les Indiens étaient plutôt dégoûtés et ils estimaient de leur devoir de me tenir au courant puisque mes compatriotes ne prenaient pas cette peine.

Le PRESIDENT : M. Aiken veut savoir qui vous a dit cela ? Est-ce M. Bhabha ?

M. BLEACKLEY : M. Sethna.

M. AIKEN : Je fais encore de sérieuses réserves.

M. DRYSDALE : Monsieur le président, j'ignore ce qui en est pour les autres membres du Comité et, pour autant que je sache, je n'ai jamais rencontré auparavant M. Bleackley; nous ne sommes pas dans la situation d'un avocat qui aurait l'occasion d'entendre le témoin et de connaître tout son passé. La nature même de notre Comité rend nécessaire d'extrapoler quelque peu et il incombe au Comité d'apprécier de la bonne manière le témoignage qu'il aura entendu. Si l'on impose une restriction à la déposition du témoin, nous pouvons passer à côté d'un détail très important du fait qu'on empêche de rapporter des ouï-dire. On doit lui accorder la plus grande attention dans ses déclarations.

M. AIKEN : Je fais objection. J'ai soulevé la question du règlement et je ne reviendrai pas sur ce que j'ai dit. Personne ne peut faire un témoignage sur des conversations qui ont eu lieu ailleurs, à moins que ladite personne en ait une connaissance directe.

Le PRESIDENT : Ainsi que je l'ai dit il y a quelques instants, monsieur Aiken, je suis d'accord sur la question du règlement, mais, au moment où M. Bleackley a été interrompu, il parlait d'une conversation qui s'était déroulée entre M. Bhabha et le Premier ministre M. Nehru, et dont on lui avait communiqué les conclusions. Il est en droit d'en parler.

M. AIKEN : Ce n'est pas mon avis; je ne suis absolument pas d'accord. Comment diantre un quelconque témoin peut-il venir ici et nous dire ce qui s'est passé entre M. Bhabha et M. Nehru ?

Le PRESIDENT : Je ne dis pas qu'il était en train de nous exposer ce qu'était la conversation; il répète au Comité ce que lui a rapporté M. Bhabha.

M. AIKEN : Quelqu'un a dit à M. Bhabha qui a dit à M. Sethna.

M. BLEACKLEY : L'important, c'est que le haut-commissaire est entrée en rapport avec mon chef, M. Rinfret, et c'est M. Rinfret en personne qui me l'a dit. Plusieurs jours s'écoulèrent alors sans que rien ne soit fait. Mon chef, M. Rinfret, ne fit rien d'autre qu'attendre des instructions. Plusieurs jours plus tard, un autre administrateur arriva en compagnie de M. Gray de l'Energie atomique et là encore, monsieur le président, je puis vous dire en gros ce qui se passa, bien que je n'ai pas participé à ce tribunal irrégulier pour la raison que quelques-unes de ses délibérations sont maintenant connues de tout le monde aux Indes. Plusieurs membres du

ministère de l'Energie atomique étaient présents et on m'a transmis ces renseignements; je possède des exemplaires du procès-verbal qui a été dressé. Ceci m'autorise-t-il à dire ce qui est arrivé ?

Le PRESIDENT : Avez-vous ici le procès-verbal ?

M. BEST : Soit dit en passant, pourriez-vous parler aussi clairement que possible, particulièrement lorsque vous mentionnez des noms propres pour que nous puissions les saisir et que le procès-verbaliste puisse les noter ?

M. AIKEN : J'aimerais savoir exactement ce que contient le procès-verbal ?

Le PRESIDENT : L'avez-vous ici ? Voulez-vous le passer.

M. AIKEN : Avant que nous n'en parlions, je veux savoir ce qu'il est.

Le PRESIDENT : S'agit-il du procès-verbal de la réunion qui s'est tenue entre l'Energie atomique et la *Shawinigan Engineering* ?

M. BLEACKLEY : Il s'agit du procès-verbal des entretiens qui se sont déroulés entre M. Gray, le président de la Commission de l'Energie atomique de l'Inde (représentée par deux hommes et, je crois, quelqu'un d'autre.

M. AIKEN : Est-ce un document public, monsieur le président ?

M. STEARNS : Etait-ce une réunion privée ?

M. BLEACKLEY : C'étaient des réunions secrètes. Toutefois, elles ne comportent rien de secret du point de vue nucléaire.

M. McILRAITH : Avant que nous y arrivions, les parties étaient deux représentants de la *Shawinigan* et deux représentants de l'*Atomic Energy of Canada Limited*. Faites-vous partie de la *Shawinigan* ?

M. BLEACKLEY : Non, monsieur.

M. McILRAITH : Quand avez-vous quitté la *Shawinigan* ?

M. BLEACKLEY : En 1958.

M. McILRAITH : Comment se fait-il que vous soyez en possession de ces procès-verbaux qui appartiennent vraisemblablement à la *Shawinigan Engineering* ?

M. BLEACKLEY : Ils m'ont été donnés.

M. McILRAITH : Par qui ?

M. BLEACKLEY : Par le ministère de l'Energie atomique.

M. McILRAITH : Lequel ?

M. BLEACKLEY : Du gouvernement des Indes.

M. McILRAITH : Pourquoi vous ont-ils été donnés ?

M. BLEACKLEY : Etant donné que certaines personnes proclamaient que j'étais responsable des problèmes rencontrés jusque-là et parce que le travail n'était pas exécuté conformément aux spécifications, on a estimé — et moi-même spécialement en tout cas — que si le réacteur avait un accident et que ces questions se débattaissent, j'aurais besoin d'être en mesure de me défendre.

M. McILRAITH : Avez-vous demandé ces documents au gouvernement indien ?

M. BLEACKLEY : Disons qu'ils ont été mis à ma disposition.

M. McILRAITH : Ce qui me chatouille ce sont les procédés employés; le gouvernement indien devrait faire part de ces questions, de ces difficultés ou de ces craintes au gouvernement canadien et je me demande pourquoi le gouvernement indien s'est adressé à un employé dont les relations avec sa compagnie s'étaient détériorées.

Le PRESIDENT : Pas à l'époque.

M. BLEACKLEY : Cela ne s'était pas encore produit quand ces documents m'ont été donnés. A l'époque où ces événements prirent place aucun de ces procès-verbaux ne fut transmis au gouvernement canadien.

M. BEST : Aucun d'entre eux ?

M. BLEACKLEY : Pas que je sache, Monsieur. Ces faits se produisirent avant les élections de 1958 et après la résignation du gouvernement, c'est-à-dire pendant la période transitoire où aucun gouvernement effectif n'existait.

M. DRYSDALE : Description exacte.

M. AIKEN : J'inscris maintenant ma position. Je fais objection à l'acceptation de ces procès-verbaux car ils ne sont ni des documents publics ni fournis par quelqu'un qui ait connaissance des faits.

M. DRYSDALE : Quelle définition donnez-vous d'un document public ?

M. BEST : Pourquoi pensez-vous que le gouvernement indien n'a pas transmis ces renseignements au gouvernement canadien ?

M. BLEACKLEY : Ils n'ont manifestement pas pu l'être. Ils auraient provoqué un tel esclandre que je ne pense pas que quiconque ait pu vouloir les publier. J'ajouterai que mes collègues indiens qui connaissaient bien les faits prirent ma défense si vigoureusement que ni la Shawinigan ni l'Énergie atomique ne furent à même de donner un fondement à leurs accusations quant à ma prétendue responsabilité des problèmes rencontrés.

M. BEST : Oont-ils agi de la sorte en vue de votre départ ?

M. BLEACKLEY : C'est exact. Aussi ont-ils entrepris de m'attaquer sur le plan personnel, visant mes qualifications, mes antécédents etc., etc., mais les Indiens n'ont en rien marché; à la fin, M. Gray a déclaré : "si vous refusez d'agir comme nous le voulons nous vous donnerons le réacteur en pièces détachées et vous le construirez vous-mêmes". Il a dit cela à M. Bhabba.

M. AIKEN : Etiez-vous présent ?

M. BLEACKLEY : Non, monsieur.

M. AIKEN : Je pense que nous devons réfléchir. Je n'ai aucune objection à ce que M. Bleackley nous dise ce qu'il sait et qui nous intéresse mais je m'oppose à ce que des faits dont il a ouï-dire soient consignés au compte rendu. Evidemment, M. Gray est ici et peut répondre mais pourquoi lui demanderait-on de répondre à des rumeurs ? J'aimerais connaître ce que M. Bleackley a à dire sur ce qu'il sait. Jusqu'à ce point son exposé a été intéressant mais je ne veux pas pénétrer dans ce tissu d'intrigues.

M. BLEACKLEY : Puis-je dire quelque chose ? J'étais à Bombay il y a très peu de temps et le directeur de la compagnie qui a érigé le dôme m'a dit : "Pourquoi les Indiens se sont-ils laissés intimider par vos compatriotes ?" J'ai demandé : "que voulez-vous dire, monsieur Robinson ?" et il m'a répondu : "Je parle de la menace brandie au-dessus de leurs têtes de leur donner un réacteur en pièces détachées et de se retirer s'ils ne marchaient pas selon les désirs des Canadiens"; à quoi j'ai répliqué : "Monsieur Robinson, comment connaissez-vous cela, vous n'étiez pas présent" et il m'a rétorqué : "Grands dieux, nous avons assez entendu tout l'histoire des représentants de la A E CL et de la Foundation Company."

M. DRYSDALE : Monsieur Bleackley, pourriez-vous nous indiquer la nature des procès-verbaux, quelle est leur teneur ?

M. AIKEN : Je m'y oppose immédiatement.

M. DRYSDALE : Vous l'avez déjà dit.

M. AIKEN : Vous ne pouvez pas en parler si vous ne les produisez pas.

M. DRYSDALE : Monsieur le président, voilà une procédure des plus inusitées. Jamais, dans aucun autre comité ni lors d'aucune délibérations on s'est opposé à la production de documents.

M. AIKEN : Je n'ai jamais entendu de toute ma vie telle infraction aux règles ordinaires de l'établissement des faits.

M. DRYSDALE : Nous avons le droit de connaître la teneur de ces procès-verbaux. Etant donné l'objection vigoureuse qu'éleve M. Aiken peut-être pourrions-nous les lire à huis clos dès maintenant; nous saurions ainsi ce qu'ils contiennent et serions en mesure de prendre une décision quant à leur consignation ou non au compte rendu.

LE PRESIDENT : Il existe une autre alternative, messieurs. M. Gray assistait à la réunion. Vous pouvez l'appeler à la barre si vous voulez.

M. STEARNS : Qui était l'autre viceprésident de la Shawinigan qui assistait à la réunion ? Monsieur Sethna et qui ?

M. BLEACKLEY : M. G. Rinfret et M. Edward Van Leipoldt.

M. BEST : Ces notes ont-elles été rédigées par quelqu'un après que la réunion ait ait transpiré ou constituent-elles de procès-verbaux officiels ?

M. BLEACKLEY : M. Gray m'a refusé d'écrire sa déclaration qu'il retirerait tout le monde de l'affaire si je ne m'en allais pas. Je pense qu'il ignore l'existence de ces procès-verbaux.

M. DRYSDALE : Puis-je vous poser une question ? Monsieur Gray, connaissez-vous l'existence de ces procès-verbaux ?

M. GRAY : Je ne les ai pas vus. Je sais qu'il s'est tenu une réunion et si l'on a rédigé des procès-verbaux officiels je suis certain que nous en avons un exemplaire. Si ce sont des documents annexes, rédigés par quelqu'un au cours de la réunion, ils ne sont pas officiels et comme tels n'ont aucune valeur ni pour moi ni pour quiconque. J'ai quelques autres remarques à faire.

M. DRYSDALE : Monsieur le président, je ne cherche pas à faire consigner au compte rendu des documents qui n'ont pas à figurer. D'autre part, je ne veux pas exclure des faits qui présentent de la valeur pour la Comité.

LE PRESIDENT : Monsieur Gray, assistiez-vous à la réunion qui s'est tenue dans le bureau de M. Bhabha le mercredi 5 février 1958, entre M. Bhabha, M. Wallace, M. Allardice, M. Sethna, M. Pressar, M. Rinfret et M. E.V. Leipoldt ?

M. GRAY : Je ne suis pas certain de la date, mais je présume qu'elle est exacte. J'ai sans conteste assisté à une réunion vers cette époque.

LE PRESIDENT : Vous n'avez pas eu alors d'exemplaire du procès-verbal ?

Messieurs, vous pouvez probablement établir la teneur du procès-verbal si M. Gray y jette un coup d'oeil; il aura certainement quelque chose à dire à son sujet. Si c'est un procès-verbal il est probable qu'il s'en souviendra : il y a également eu une autre réunion; est-ce la même ? L'une était secrète, l'autre a eu lieu dans le bureau de M. Allardice. C'est le procès-verbal dont a parlé le témoin, avec pour participants MM. Sethna, Wallace, Adams et Pankhurst. Votre nom est mentionné ici, monsieur Gray.

M. GRAY : Parmi les personnes présentes ? Je l'étais probablement.

LE PRESIDENT : Je pense que vous pourriez peut-être laisser cela pour le moment et questionner M. Gray sur ce procès-verbal.

M. DRYSDALE : C'est difficile étant donné que j'ignore de quoi parle le procès-verbal ou même ce qui s'est discuté. J'aimerais savoir à peu près quel était le sujet des discussions.

LE PRESIDENT : Il serait peut-être bon que M. Gray jette un coup d'oeil au procès-verbal.

M. AIKEN : Objection. La personne qui a certifié ce document, si elle était là, serait je suppose autorisée à le recevoir, autrement : non.

LE PRESIDENT : M. Gray était présent. Je propose qu'il regarde le procès-verbal et s'il est en ordre il pourra dire à quoi il se rapporte.

M. AIKEN : Il a dit qu'aucun procès-verbal n'avait été dressé.

M. McILRAITH : C'est le point que j'avais commencé à soulever, Monsieur le président. Il me semblait avoir compris qu'il n'avait pas vu ce procès-verbal.

Le PRESIDENT : M. Gray a dit plus tard que si son nom était mentionné au document il devait avoir assisté à la réunion.

M. GRAY : Je dois me faire bien comprendre. J'ai dit que je n'avais pas vu ce procès-verbal. J'ai déclaré que j'ai probablement assisté à ces réunions mais j'ignore si le document en question est officiel ou non et je ne me prononcerai certainement pas là-dessus ici et maintenant. Il faudrait que je l'emporte à mon propre bureau et que je le compare avec les exemplaires que nous pouvons avoir; je pourrai alors revenir devant le Comité. Je ne déciderai pas rapidement si oui ou non il s'agit du procès-verbal officiel qui a été transmis à l'A.E.C.L. à cette époque.

M. STEARNS : Sauriez-vous si on a établi des procès-verbaux officiels à ces réunions ?

M. GRAY : Je le présume. Ces faits remontent à 1958. Ma mémoire est défaillante et je ne puis affirmer que ces réunions ont fait l'objet de procès-verbaux mais je le présume.

M. STEARNS : Si c'est le cas, vous devriez en avoir des exemplaires à votre siège social, n'est-ce pas ?

M. ROBINSON : Monsieur le président, M. Gray possède les procès-verbaux, aussi pouvons-nous poursuivre et lui demander ultérieurement de les produire.

M. AIKEN : M. Gray ne peut pas les produire.

M. GRAY : Je ne les produirai certainement pas sans avoir obtenu l'assentiment de M. Bhabha.

M. AIKEN : Nous sommes donc dans la même situation en ce qui concerne des documents.

M. STEARNS : Je me demande si vous ne devriez pas obtenir l'autorisation de la Shawinigan ?

Le PRESIDENT : Vous n'avez pas à vous préoccuper de l'assentiment de la Shawinigan si c'est une question inter-gouvernementale.

M. McILRAITH : C'est le point que je voulais soulever plus tôt, monsieur le président. Il me semble que nous sommes en train de discuter d'une question très grave parce qu'elle relève précisément de deux gouvernements.

M. STEARNS : Est-ce un exemplaire du procès-verbal de la réunion ?

M. GRAY : Ce document traite de l'opportunité de demander à M. Bleackley sa démission. Je pense que c'est ce dont il parlait.

M. DRYSDALE : C'est ce que je m'efforce de savoir, l'objet général du procès-verbal.

M. STEARNS : Ceci relèverait du gouvernement des Indes mais ne le concernerait pas directement.

M. GRAY : Le gouvernement indien s'occupait de notre projet et ceci était notre entrepreneur. Ledit gouvernement employait M. Bleackley et désirait s'en séparer et nous l'avons appuyé.

M. BLEACKLEY : Ce n'est pas exact, monsieur.

M. DRYSDALE : Je me demande si nous ne pourrions pas, maintenant, lire ces documents à huis clos et nous rendre compte de leur valeur, s'ils en ont une; nous pourrions les évaluer ainsi et éviter de causer du tort aux personnes présentement — parallèlement à la ligne de conduite de M. Aiken — je ne veux pas en arriver là mais je veux savoir ce qu'ils contiennent.

M. AIKEN : Ce n'est pas une question de teneur. Ils sont inacceptables.

M. DRYSDALE : Vous avez dit cela plusieurs fois mais je pense que nous avons le droit de les examiner.

M. AIKEN : Mettons la question aux voix.

M. DRYSDALE : Ils peuvent être inacceptables en théorie.

M. AIKEN : Votons.

Le PRESIDENT : A l'ordre, messieurs.

M. DRYSDALE : Comment pouvez-vous le savoir si vous ne les avez pas vus ?

Le PRESIDENT : Je serais heureux de savoir ce que pensent de la question les membres du Comité. J'ai devant moi les procès-verbaux et j'inclinerais à penser que puisque les représentants du gouvernement des Indes ont assisté à ces deux réunions...

M. STEARNS : Sont-ils signés, monsieur ?

Le PRESIDENT : Sur un exemplaire, c'est tout. J'incline à penser que nous devons considérer ces documents comme confidentiels, à moins que les deux gouvernements ne soient d'accord pour les publier. La question a été soulevée et je ne puis pas faire grand chose d'autre à son propos.

M. DRYSDALE : J'ai proposé de s'en sortir en discutant à huis clos, de telle façon que nous puissions connaître la teneur de ces procès-verbaux et être en mesure de discuter sur une base logique. Peut-être avez-vous raison mais je ne puis le dire si je n'ai pas vu les documents. Je propose que nous nous réunissions à huis clos pour discuter de ce sujet particulier.

Le PRESIDENT : On a entendu quelques déclarations intéressantes aujourd'hui. Nous n'allons pas classer la question par un coup d'oeil sur les documents. M. McLraith votre expérience de président d'un comité est plus grande que la mienne. Quelle est la situation du Comité ? Ses membres peuvent-ils examiner les procès-verbaux à huis clos ?

M. McLRAITH : Je ne sais pas si c'est une solution.

Le PRESIDENT : Le secrétaire dit que nous en avons le droit.

M. McLRAITH : Vous pouvez discuter à huis clos si vous voulez, c'est possible. Mais il me semble que vous vous trouvez dans une situation où vous avez à déterminer si un certain témoignage est acceptable ou non et le témoignage particulier qui vous est présenté l'est d'une façon indirecte en ce qu'il n'est pas soumis par un secrétaire ou quelqu'un responsable du contrôle des documents selon les voies ordinaires. Ces procès-verbaux sont présentés de cette façon et ils mettent en cause les réunions qui ont eu lieu entre les représentants de deux gouvernements : celui du Canada et un autre gouvernement du Commonwealth.

M. DRYSDALE : Comment le savez-vous ?

M. McLRAITH : Le président a dit que les représentants du gouvernement des Indes étaient présents. Ceci étant, j'hésiterai beaucoup, pour ma part, à demander la production des documents jusqu'à ce que vous ayez eu le temps d'examiner la question et de solliciter des conseils ainsi que d'essayer d'obtenir une meilleure idée de leur teneur, pour résoudre la question de la nécessité d'obtenir ou non l'accord du gouvernement indien ou de ses représentants. C'est la façon dont j'envisage personnellement le problème.

Le PRESIDENT : Il y a une autre question qui surgit. M. Gray a dit que ces documents concernaient la question de démettre M. Bleackley des fonctions que lui avaient confiées ses commettants. M. Bleackley infirme cette assertion.

M. DRYSDALE : M. Gray dit qu'il croit que c'est ce dont il s'agit. La seule personne que je sais jusqu'à présent, avoir lu ces procès-verbaux, est M. Bleackley. Personne d'autre ici, que je sache, ne les a lus en détail. L'une des questions dont je

me préoccupe est la suivante : si M. Bleackley avait suivi le chemin que la plupart des autres gens ont pris et avait condensé ces faits dans un mémoire ils auraient été placés devant nous sans alternative. C'est cette ligne arbitraire que M. Aiken est en train d'essayer de tracer. Personne d'autre ne sait ce que contiennent les procès-verbaux.

M. BLEACKLEY : Permettez-moi de rectifier. Je n'ai pas contesté le rapport de ces procès-verbaux avec les circonstances qui ont entouré mon départ. J'ai fait objection à l'assertion de M. Gray relative au prétendu désir de ma compagnie de se séparer de moi et à leurs agissements en ce sens parce qu'il existe une preuve, une preuve directe et acceptable, j'en suis sûr, qui témoignera que jusqu'à ce moment particulier ma compagnie était très satisfaite de mes services.

Le PRESIDENT : Quel moment particulier ? Quelle réunion ?

M. BLEACKLEY : Jusqu'à ce que j'aborde avec le représentant de M. Gray la question de l'assouplissement des spécifications. Jusqu'à ce que j'écrive à Wallace, en refusant de m'engager davantage dans cette voie, ma compagnie était parfaitement contente de moi et il existe des documents qui viennent corroborer ce que j'affirme.

M. DRYSDALE : Quel était le but de chacune de ces réunions, monsieur Bleackley — et M. Aiken surveillera ici mes questions.

M. BLEACKLEY : Le but de ces réunions était de convaincre les Indiens qu'ils devaient être d'accord sur l'orientation que M. Gray entendait donner à l'affaire.

Le PRESIDENT : Vous, en tant que directeur, le saviez.

M. BLEACKLEY : Bien sûr, je le savais.

M. STEARNS : Vous n'assistiez pas à ces réunions ?

Le PRESIDENT : Il était directeur à l'époque.

M. BLEACKLEY : Je puis vous dire comment j'ai su ce qui se passait à ces réunions. Les représentants indiens cités dans les procès-verbaux étaient tellement stupéfaits du déroulement des délibérations qu'ils me questionnaient sans cesse. Ils me téléphonaient à 8 heures du matin, dans la matinée, à midi, ils venaient me demander des renseignements chez moi. Puisque je n'étais pas autorisé à parler en mon propre nom, ces hommes parlèrent pour moi. Ils me tinrent parfaitement au courant du déroulement des discussions et m'empruntèrent des documents qu'ils utilisèrent pour plaider ma cause contre M. Gray et ses collègues. De cette façon, j'étais parfaitement au courant de ce qui se passait et je connaissais l'issue des délibérations avant même que ma propre compagnie m'en ait informé.

M. AIKEN : Si je comprends bien ce qui ressort de ceci, vous estimiez que la conception du dôme n'était pas satisfaisante.

M. BLEACKLEY : La construction, monsieur, non pas la conception.

M. AIKEN : La construction, oui, excusez-moi. La construction n'était pas satisfaisante. Était-ce tout ? Est-ce bien ce dont nous sommes en train de parler ?

M. BLEACKLEY : C'est exact. J'estimais que la construction n'était pas satisfaisante. Je n'étais pas d'accord sur les mesures qu'on me demandait de prendre pour simplifier le travail et hâter l'achèvement des travaux et mon attitude a abouti à mon retrait de la scène.

M. AIKEN : Oui.

M. BLEACKLEY : Monsieur le président, veuillez me prévenir si je me fourvoie. La peur véritable et bien réelle de voir le sous-traitant indien intenter une action en justice contre la *Foundation Company* est une des principales raisons pour lesquelles je n'ai pas été autorisé à insister sur ces questions. Je me suis entretenu sur place avec le directeur du commettant du sous-traitant et ce qui suit vous donnera une idée du calibre de l'entrepreneur indien que la direction canadienne s'efforçait de protéger. Peu de temps après l'achèvement des travaux, le directeur de l'entreprise commettante du sous-traitant, la *Western Welding and Construction Company*, à Bombay, leva le pied en emportant avec lui tout l'avoir liquide de la compagnie, plusieurs milliers de livres sterling, et ne revint jamais. Les autres cadres de la compagnie ne voulaient pas que leur nom reste associé à cette flétrissure et ils changèrent le nom de la *Western Welding* qui devint la *Reliance*.

*Construction Company*. Son directeur m'a dit il y a six semaines : "Frank, vous savez que nous ne voulions pas entreprendre de poursuites. Nous le savons et étions sûrs qu'il en était de même pour vous à l'époque. C'était la dernière chose que nous voulions."

M. McILRAITH : Je ne vois pas très bien le rapport.

M. AIKEN : Si ces paroles couvrent M. Bleackley, je pense qu'avant que nous levions la séance aujourd'hui, nous devrions donner à M. Gray l'occasion de répondre. Je n'essaie pas d'arrêter un témoignage approprié et j'espère que M. Bleackley se rend compte que notre Comité ne se préoccupe pas de savoir si son renvoi était justifié ou non, bien que sans aucun doute les raisons qui en sont à l'origine nous intéressent. S'il avait raison et que les autres eussent tort et si cette situation a influé sur les conditions relatives au réacteur, nous l'écoutons. Mais je m'oppose à ce que nous entrions dans des questions d'ordre politique ou diplomatique ainsi que celles qui se rapportent strictement au renvoi ou à la démission de M. Bleackley. J'aimerais entendre ce que M. Gray a à dire.

M. BEST : Je suppose, monsieur le président, que M. Gray a besoin d'un temps considérable. Monsieur Bleackley, avant que nous ne commencions à interroger M. Gray, estimez-vous que vous avez évoqué le principal aspect de la situation ?

M. DRYSDALE : J'ai encore quelques questions à poser à M. Bleackley. Vous avez dit que M. Gray lui-même s'était chargé de modifier les spécifications et vous avez indiqué que l'un des changements avait trait à la soudure. Pourriez-vous nous indiquer quelles ont été les autres modifications et leur répercussion sur les conditions finales ? Par exemple, pourriez-vous nous parler du dépôt ?

M. BLEACKLEY : Le problème du dépôt... dans l'eau de refroidissement ?

M. DRYSDALE : Oui.

M. BLEACKLEY : Je ne puis pas en dire plus que ce que j'ai appris il y a quelques semaines. Il existe un problème de dépôt. C'est un problème que ni la Shawinigan, ni l'Energie atomique, ni l'A.E.C.L. n'avaient prévu à l'époque.

M. DRYSDALE : L'a-t-on résolu maintenant ?

M. BLEACKLEY : Je crois qu'on a trouvé une solution. Le système de refroidissement est en train de subir quelques légères modifications, selon nos plans, et l'on espère remédier à la situation.

M. DRYSDALE : Pourriez-vous reprendre ma première question sur les autres modifications que M. Gray a apportées et dire si celles-ci n'étaient pas motivées par les conditions locales ?

M. BLEACKLEY : Les modifications dont j'ai parlé et que M. Lynch a indiquées avaient pour but de faciliter et d'accélérer quelque peu la construction.

M. DRYSDALE : Vous en rapportez-vous à M. Lynch ou M. Lynch s'en rapporte-t-il à vous ?

M. BLEACKLEY : J'ignore où il a pris ses renseignements, mais M. Gray a, sans aucun doute, autorisé la construction selon des normes légèrement moins rigides.

M. DRYSDALE : En toute justice, M. Gray est présent et il aura l'occasion de répondre. M. Gray a-t-il modifié les spécifications dans un autre domaine au cours de la période où vous étiez sur place en vue de la construction du réacteur ? Je mentionne cet aspect de telle sorte que M. Gray puisse y répondre.

M. BLEACKLEY : Non, en ce qui concerne les spécifications, je ne puis me rappeler aucun autre domaine que M. Gray ait touché à part la construction du dôme pour le compte de la Foundation.

M. DRYSDALE : Vous avez dit : "A l'automne de 1957, j'étais pressé d'assouplir à maints égards les spécifications." Pourriez-vous nous dire quels sont ces maints égards à propos desquels la pression a été exercée sur vous, où vous avez reçu l'ordre d'assouplir les spécifications ?

M. BLEACKLEY : Il est bien évident que toutes mes déclarations se rapportent à la construction du dôme.

M. DRYSDALE : C'est l'objet de toute la discussion.

M. BLEACKLEY : C'est le domaine dans lequel je suis versé.

M. DRYSDALE : C'est la seule zone dans laquelle vos critiques s'exercent à l'égard du réacteur. Vous n'avez rien à redire aux matériaux, à la méthode de construction, à la construction du réacteur lui-même et aux divers éléments qui entrent dans le réacteur ?

M. BLEACKLEY : J'ai été quelque peu surpris d'apprendre, quand j'étais sur place...

M. DRYSDALE : C'est-à-dire ?

M. BLEACKLEY : Il y a un mois — et ceci corrobore ce que j'avais vu à l'époque — que les spécifications relatives à la soudure du tuyau n'avaient pas été intégralement acceptées. Elles avaient été basées sur celles du réacteur NRU et l'A.E.C.L. les avait approuvées. Elles prévoyaient que tous les tuyaux à souder seraient préparés en vue de l'exécution de leur soudure au moyen d'une machine emporte-pièce au lieu d'un brûlage et d'un limage manuels, etc., le gouvernement indien engagea donc des frais considérables pour l'achat de deux de ces machines. Elles furent achetées en Allemagne à un taux de change particulièrement onéreux, mais c'était des machines spécialement conçues pour la coupe et le biseautage de pratiquement toutes les dimensions de tuyaux dont nous avons besoin pour nous conformer aux spécifications. Ces machines n'ont jamais été utilisées pendant tout le temps où elles étaient à pied d'oeuvre.

M. BEST : Pourquoi ?

M. BLEACKLEY : Je l'ignore, monsieur. La *Foundation Company* était particulièrement réticente à leur utilisation. Il y a eu pas mal de discussions. Elle voulait que le gouvernement indien se retire et désirait acheter une machine à aléser horizontale pour exécuter ce travail; la seule raison que nous avons pu trouver à cette attitude, c'est que les ouvriers de la *Foundation* ne connaissaient le maniement que de cette sorte de machine qu'ils avaient déjà utilisée lors de la construction du NRU.

M. BEST : Avez-vous eu des accidents au cours de l'installation de ce matériel, des accidents dus à des matériaux défectueux ?

M. BLEACKLEY : Vous parlez d'accidents survenus au personnel ?

M. BEST : Oui, ou arrivés au matériel, des chutes ou de la casse.

M. BLEACKLEY : Je crois qu'il s'est produit un accident mortel au moment d'un coulage de béton, un homme est tombé d'une certaine hauteur sur la charpente. Nous ne sommes pas impliqués dans cet accident.

Le *PRESIDENT* : Ceci faisait-il partie de la construction ?

M. BLEACKLEY : Non, monsieur.

M. BEST : Y a-t-il eu des poutres qui se sont cassées ?

M. BLEACKLEY : Il y a eu... Oh oui, il y a eu un accident qui s'est produit avec des matériaux qui avaient été envoyés pour être utilisés comme mât de montage. Ainsi que vous le comprendrez, pendant la construction, le dôme ne se soutenait pas tout seul, il fallait l'étayer d'un mât où les cintres se rejoignaient. Nous avons obtenu un mât du Canada dans ce but, lequel a également servi à soulever les poutres de 20 tonnes du siphon du réacteur. Quand les jambes de ce mât, les fers cornières six par six si vous préférez, arrivèrent sur place, ils furent projetés du camion et l'un d'eux — un seul je crois — se cassa. Le métallurgiste du ministère de l'Energie atomique exécuta, sur ma demande, un examen de l'acier qui révéla un étrange défaut de la matière qui est assez difficile à remarquer au moment de la fabrication.

M. BEST : Est-ce une chose qui pourrait arriver normalement ?

M. BLEACKLEY : C'est une chose qui pourrait arriver n'importe où.

M. BEST : Et à propos du dôme lui-même ? L'a-t-on totalement monté en une seule fois ou a-t-il fallu le redémonter et le réassembler ? A-t-il fallu faire des heures supplémentaires à cause de défauts ?

M. BLEACKLEY : Nous avons dû le démonter partiellement pour rectifier les erreurs qu'il comportait.

M. BEST : Il était monté correctement et vous avez dû le démonter partiellement ?

M. BLEACKLEY : Oui, et on a dépensé \$100,000 pour corriger les erreurs existant dans l'acier et ce que les procès-verbaux des réunions appellent "la mauvaise administration de la *Foundation Company*".

Le PRESIDENT : Nous voilà revenus aux procès-verbaux des réunions. Y assistiez-vous ?

M. BLEACKLEY : J'y étais.

Le PRESIDENT : Avez-vous ici les procès-verbaux ou des copies ?

M. BLEACKLEY : Oui.

Le PRESIDENT : Monsieur Best, poursuivez-vous votre interrogatoire ? Voulez-vous voir les procès-verbaux ? Il s'agit de \$100,000.

M. BEST : S'agit-il de procès-verbaux post-réunions ?

Le PRESIDENT : Des réunions auxquelles il a assisté et discuté de la dépense supplémentaire de \$100,000.

M. BEST : Nous n'avons pas le problème du oui-dire, mais nous avons celui de la publication de documents confidentiels, c'est-à-dire les procès-verbaux de ces réunions.

Le PRESIDENT : Mais ces événements se déroulaient au cours de la construction.

M. BLEACKLEY : Ce sont des documents courants.

M. BEST : Courants ?

M. BLEACKLEY : Oui.

M. AIKEN : Etant donné que le témoin assistait à ces réunions, il a le droit de nous en parler.

Le PRESIDENT : Veuillez sortir les procès-verbaux.

M. AIKEN : Je fais objection à leur production. Le témoin assistait en personne aux réunions et il peut nous en parler.

M. BEST : C'est une faible objection, monsieur le président.

M. AIKEN : Je m'y oppose fortement, et je mets la question aux voix.

M. DRYSDALE : M. Aiken est en train de dire que la production de ces procès-verbaux est irrégulière mais que si le témoin prend le temps de les incorporer dans un exposé ce sera parfait. C'est absolument absurde et illogique.

M. AIKEN : Je suis en humeur de faire des objections aujourd'hui et je m'oppose à la production de ces procès-verbaux.

M. DRYSDALE : Vous l'avez dit, je suis tout à fait d'accord avec votre propre aveu.

Le PRESIDENT : M. Best vous demande des précisions sur cette erreur qui a coûté \$100,000 et vous avez parlé des procès-verbaux.

M. BLEACKLEY : J'ai classé ces dépenses poste par poste. Elles se décomposent comme suit : environ \$12,000 pour corriger les erreurs de fabrication contenues dans la charpente et qui sont imputables à la Vickers, \$22,000 à la *Davie Shipbuilding* et 36,000 autres dollars attribuables à la *Foundation Company of Canada* pour mauvaise administration ou contrat mal établi, qui était l'expression employée. Ces erreurs faisaient un total de \$70,000 et il y avait un autre poste d'environ \$30,000 payés à l'entrepreneur pour qu'il s'efforce de rendre l'édifice circulaire. Le gouvernement des Indes a lui-même payé et le Canada l'a remboursé, non pas en espèces mais sous forme de fourniture d'un équipement scientifique complémentaire.

M. BEST : Monsieur Bleackley, aucun de nous ici n'est ingénieur. C'est une somme considérable mais peut-être ne représente-t-elle qu'un pour cent du coût total, selon votre chiffre. Estimez-vous que c'est hors de proportion pour un travail de ce genre, particulièrement une sorte relativement nouvelle de projet ?

M. BLEACKLEY : Ce n'était pas nouveau, si l'on parle de la station nucléaire. C'était un travail relativement courant, surtout pour la *Dominion Bridge Company* ou la *Canadian Bridge*, qui auraient considéré cette construction comme très courante. Les milliers de dollars dépensés en supplément ont dépassé le coût de la construction.

M. BEST : Dépassé quoi ?

M. BLEACKLEY : Le coût de la construction.

Le PRESIDENT : Messieurs, il est 4 heures et demie et étant donné le témoignage de M. Bleackley, nous devons certainement avoir une réunion, au moins une et peut-être plus, et le comité directeur devra...

M. BEST : Monsieur Gray...

Le PRESIDENT : Seulement une seconde, monsieur Best. M. Gray devra examiner quelques questions très sérieuses et je crois qu'avant que nous nous ajournions, nous devrions donner au président de l'*Atomic Energy of Canada Limited* l'occasion de placer un mot.

Monsieur Gray, il n'est pas nécessaire que vous vous étendiez longuement mais je pense que vous devriez nous faire une déclaration quelconque avant que nous nous ajournions.

M. GRAY : Je suis persuadé que tous les membres du Comité ont conscience qu'ils interrogent un homme qui a été relevé de ses fonctions par suite de son incapacité à mener à bien ce travail aux Indes. Il en a conçu un mécontentement qui, depuis, l'a amené à saisir toutes les occasions de soulever la question.

Il a extrait des données des documents indiens. Il a un excellent dossier et il a même, par suite, une masse de renseignements qu'à mon avis il ne devrait pas avoir dans ses papiers, mais ceci ne me regarde pas. C'est-à-dire les renseignements qu'il a extraits des documents indiens. Il a déclaré également qu'il était au service de la compagnie contractante, mais je dois expliquer que l'Energie atomique du Canada a fourni les fonds et les plans du réacteur et agissait envers la *Shawinigan Engineering Company* en tant qu'organisme de liaison en ce qui concerne les plans; la *Shawinigan Engineering Company* était entièrement responsable du plan de la coque qui devait être érigée sous la direction de M. Bleackley, directeur de la partie génie civil.

La *Shawinigan Engineering Company* était entièrement responsable de la fourniture des matériaux. La responsabilité de l'A.E.C.L. n'était pas engagée; la *Shawinigan* avait également la charge de surveiller l'érection aux Indes. L'entrepreneur chargé de la construction était la *Foundation Company of Canada*, qui jouit d'une excellente réputation et, ainsi que l'a dit M. Bleackley, elle a conclu un contrat avec des entrepreneurs indiens aux Indes et ce, avec l'assentiment du ministère de l'Energie atomique des Indes.

La construction de cet édifice a rencontré nombre de difficultés dont quelques-unes étaient dues à l'équipement. Certaines provenaient également des spécifications qui s'attachent à ce type de construction.

M. Bleackley s'est quelque peu égaré, mais il me semble que la seule question dans laquelle il m'implique est cet assouplissement des spécifications et le rôle que j'ai joué dans son départ. En ce qui concerne les spécifications, et bien que je sois ingénieur, je ne changerais certainement aucune spécification de soudure sans consulter préalablement d'autres ingénieurs. Je ne m'estime pas suffisamment qualifié en problèmes de soudure pour prétendre être un expert en ce qui concerne ce genre de spécifications. Celles-ci ont été modifiées en accord avec la *Shawinigan Engineering*. J'ignore si le ministère de l'Energie atomique prenait part à la discussion de tous les points, mais vous pouvez être certains que la *Shawinigan Engineering* était d'accord sur la modification des spécifications.

J'ai dû beaucoup m'occuper de la question de sphéricité, parce qu'il devint absolument évident pour nous, pour la *Shawinigan Engineering Company* et pour la *Foundation Company* qu'il était impossible de construire l'édifice. On ne pouvait pas le rendre sphérique. Nous avons tout essayé et avons décidé, en complet accord, qu'il nous faudrait quelque peu raccourcir le siphon et le faire courir de telle sorte

qu'il puisse tourner à l'intérieur de l'édifice, ce qui fut fait et qui marche parfaitement. A mon sens, aucun de ces assouplissements n'a introduit de quelconque danger dans l'édifice ou pour la population avoisinante; nous y avons veillé de très près.

D'autre part, M. Bleackley a dit que l'édifice était conçu pour supporter une pression de 25 tonnes par pouce carré mais j'ignore où il a pris ce chiffre. Ceux que nous possédions étaient de 5 livres par pouce carré et M. Laurence, ici présent, peut confirmer les aspects techniques. Nous avons constamment consulté le ministère de l'Energie atomique des Indes à propos du facteur de sécurité et avons insisté pour qu'il apporte certaines modifications à sa ligne de conduite.

Le 20 janvier de cette année nous avons à nouveau vérifié l'étanchéité du bâtiment. Nous avons appliqué la pression jusqu'à six pouces d'eau et nous avons trouvé une fuite de 100 pieds cubes par minute. Le rapport indique qu'il existe des fuites qui pourraient être corrigées et la D.A.E. a poursuivi ses efforts en vue de réduire l'importance de la fuite. Nous voulions la réduire à 40 pieds cubes par minute et les techniciens de ces questions savent que c'est un chiffre très bas.

S'il se produit un accident, il est invraisemblable que la pression puisse atteindre six pouces d'eau qui équivaut à une pression d'environ un quart de livre par pouce carré. Nous ne voyons aucune possibilité que la pression puisse atteindre un tel niveau.

M. Bleackley dit qu'il ignore ce qui a été fait après son départ mais le plan a toujours comporté une voie par laquelle l'air vicié pourrait être expulsé du réacteur, toujours comporté une voie par laquelle l'air vicié pourrait être expulsé du réacteur, filtré et repoussé dans une hotte munie de soupapes et le système entier fonctionne selon les pressions et les températures intérieures de l'édifice. Ainsi, en ce qui nous concerne la sécurité du réacteur est parfaitement assurée.

M. DRYSDALE : Pourriez-vous expliquer ce que vous entendez par six pouces d'eau ?

M. GRAY : C'est l'expression habituelle de la mesure de la pression.

M. DRYSDALE : Et quelle est-elle ?

M. GRAY : Environ un quart de livre par pouce carré je crois.

M. DRYSDALE : Vous avez dit que M. Laurence était prêt à nous parler de l'aspect sécurité. Serait-ce possible de l'entendre ?

M. G.C. LAURENCE (*directeur des recherches, Division de la recherche et de la mise au point, A.E.C.L.*) : Monsieur le président, je pense qu'on ne peut mieux faire que de rappeler le problème qui a surgi, après l'affaire de Windscale, lorsqu'on s'est rendu compte que le risque le plus grave dans tout accident comprenant la dispersion dans l'atmosphère de substances radioactives provenait de l'iode radioactif. L'iode radioactif est un des produits de fission qui peut s'échapper, si le carburant est accidentellement surchauffé. S'il s'échappait du carburant et que les circonstances soient telles qu'il trouve une porte de sortie, de tous les produits de fission qui se répandraient, il constituerait le plus grand danger. Ainsi que je l'ai dit, l'accident de Windscale a permis d'envisager ce risque d'une manière différente. Aussi, le comité de sécurité de l'*Atomis Energy of Canada Limited* a estimé qu'il devait se pencher à nouveau sur cet aspect du problème de sécurité posé par le réacteur canado-indien.

Le comité a craint que ces substances s'échappent par le système ordinaire de ventilation, à travers la hotte d'aération de l'édifice. Aussi, a-t-on installé un dispositif automatique qui ferme les soupapes de la hotte en cas d'élévation anormale de la température ou de la pression de l'édifice, c'est-à-dire si l'une ou l'autre atteignait un niveau légèrement supérieur aux limites opérationnelles normales. Je ne me souviens pas du chiffre exact mais la fermeture d'alarme se déclenchait dès que la température dépassait très légèrement la normale. Le comité en était très mécontent car il ne pouvait imaginer aucun accident vraisemblable qui pourrait provoquer une augmentation suffisante de la pression du bâtiment pour actionner ce dispositif. Je vous ai dit que je ne me souvenais pas de la sensibilité de ces dispositifs mais il est une chose dont je suis sûr, c'est que le chiffre en question était très inférieur à cinq livres.

M. DRYSDALE : M. Bleackley a parlé de 25 livres par pouce carré et il a indiqué qu'on pouvait descendre ce chiffre à 5 livres par pouce carré. A votre avis, et avec votre expérience, estimez-vous qu'une pression de cinq livres par pouce carré est suffisante ?

M. LAURENCE : Sans aucun doute, mais si je puis terminer...

M. DRYSDALE : Certainement, je vous demande pardon.

M. LAURENCE : Par conséquent, le comité de sécurité a insisté pour que les dispositifs de manoeuvre des soupapes soient extrêmement sensibles à l'augmentation de la radioactivité de l'air vicié et ils ont été conçus de telle sorte qu'ils soient particulièrement sensibles au taux de radioactivité de l'iode. Le comité a insisté pour employer une méthode très différente parce qu'il a estimé que dans le cas d'un accident la pression ne pourrait monter suffisamment pour actionner le dispositif prévu.

M. Gray a dit il y a quelques instants — j'ai oublié ses paroles exactes mais ceci n'a pas d'importance — je traduirai sa pensée selon la mienne — je ne puis pas concevoir un accident qui provoquerait une élévation intérieure supérieure à un quart de livre par pouce carré.

M. DRYSDALE : La structure actuelle du dôme présente-elle toute sécurité quant à la menace de fuite pouvant endommager la région alentour ?

M. LAURENCE : Tout ce que je puis dire c'est que les résultats des essais se sont établis à 100 pieds cubes par minute.

M. BEST : Est-ce un degré de fuite qui est au-dessous d'une pression d'un quart de livre ?

M. LAURENCE : Oui.

M. DRYSDALE : Quel en serait l'effet en ce qui concerne les radiations ?

M. LAURENCE : Cela dépendrait, évidemment... je me demande si j'ai bien compris la question ?

M. DRYSDALE : Je ne suis pas sûr que je la comprends moi-même. Vous avez dit qu'il y aurait une fuite de...

M. LAURENCE : Cent pieds cubes par minute.

M. DRYSDALE : Quel serait l'effet en ce qui concerne les radiations ?

M. GRAY : Une fuite normale ne se répand pas dans l'atmosphère. Toute fuite passe au travers de filtres, puis de plusieurs dispositifs et gagne enfin une hotte. Si actuellement, la pression montait de telle sorte qu'elle atteigne un quart de livre, comme en janvier, la fuite serait de 100 pieds cubes par minute. Mais nos spécifications stipulent 40 pieds cubes par minute et le ministère de l'Energie atomique des Indes espère obtenir un chiffre inférieur. Il n'existe toutefois aucun danger de pollution de l'air.

M. DRYSDALE : Vous dites que la pression maximum est d'un quart de livre par pouce carré et vous êtes certain que la coupole supportera une pression de cinq livres par pouce carré ?

M. GRAY : Au moins cela. Peut-être devrions-nous demander à des ingénieurs de la Shawinigan de le confirmer.

M. DRYSDALE : Et peut-être plus ?

M. GRAY : Oui.

M. DRYSDALE : Puis-je conclure, alors, que d'après vous il n'existe aucun danger en ce qui concerne les radiations pour la population avoisinant le réacteur ?

M. GRAY : Autant que nous puissions nous en rendre compte, non.

M. DRYSDALE : Prévoit-on l'exécution d'essais complémentaires et plus rigoureux ? D'après ce que j'ai compris de l'exposé de M. Bleackley, le réacteur n'est exploité qu'à demi puissance.

M. GRAY : Toutes nos prévisions de sécurité concernent l'exploitation du réacteur à pleine puissance, 40 mégawatts.

M. LAURENCE : Puis-je ajouter une observation ? Au point de vue sécurité, il ne servirait à rien de concevoir une coupole capable de supporter une pression supérieure à six livres par pouce carré pour la simple raison qu'il existe un canal, une tranchée remplie d'eau, qui relie à l'extérieur l'intérieur de l'édifice. Ce canal est cloisonné, disons une partie de la structure murale si vous préférez, qui descend à une profondeur donnée, je crois; je ne suis pas certain de la profondeur; je répète ce que l'on m'a dit du plan mais la hauteur du mur n'excède certainement pas douze pieds; de cette façon, même si la pression à l'intérieur de l'édifice dépassait six livres par pouce carré les gaz pourraient s'échapper et la pression ne pourrait pas excéder six livres par pouce carré. L'eau serait précipitée dans cette tranchée de telle sorte que l'air pourrait s'échapper. Du point de vue de la sécurité, il serait inutile de concevoir une coupole résistante à une pression supérieure à six livres par pouce carré.

M. DRYSDALE : Le gouvernement indien est-il satisfait du réacteur; n'a-t-il adressé aucune réclamation particulière ?

M. GRAY : Il est parfaitement satisfait. Nous pouvons vous fournir bon nombre des témoignages de M. Bhabha, de M. Nehru, de M. Sethna et de M. Allardice — mentionnés par M. Bleackley — qui ont exprimé leur satisfaction lors de la cérémonie de l'inauguration en janvier. Je rencontre M. Bhabha quatre ou cinq fois par an. Nos rapports avec les Indiens sont excellents. M. Bhabha a déclaré publiquement que cet ouvrage représentait le programme de coopération internationale le meilleur et le plus important du monde en matière d'énergie atomique. Les Indiens sont plus que contents du résultat final. Nous avons eu des difficultés..

Un point doit être noté; au début de son détachement M. Bleackley représentait à la fois la Shawinigan et nous-mêmes — et ce fut une erreur de ma part et non pas celle de M. Bleackley; je n'aurais pas dû demander à qui que ce soit de représenter deux organismes; je ne pense pas que cela puisse marcher. Finalement, nous avons convenu que nous enverrions sur place notre propre représentant. Il n'y avait pas à se formaliser de cela, autant que je sache. J'admets que nous n'aurions pas dû placer M. Bleackley dans cette situation. Vous remarquerez cependant qu'il mentionne, dans tout son exposé, que le gouvernement des Indes lui donnait des instructions et lui envoyait des renseignements. Il ne fait aucun doute qu'il représentait plus d'une partie dans l'accomplissement de sa tâche aux Indes. Il a dit à d'autres personnes... je suis désolé, il s'agit de on-dit dont je n'ai pas connaissance.

M. DRYSDALE : Mais...

M. GRAY : Lorsqu'il a quitté les Indes le gouvernement de ce pays lui a remis une gratification de 12,000 roupies pour le travail qu'il avait accompli pour lui bien qu'il ait été au service de la Shawinigan et appointé par l'A.E.C.L.

Le PRESIDENT : D'autres personnes vous ont-elles remis des gratifications ?

M. BLEACKLEY : J'aimerais, monsieur le président, relever cette question de gratifications. Elle est partiellement l'oeuvre d'une suggestion de M. Gray. J'aimerais entrer un peu plus dans les détails puisqu'il a soulevé ce lièvre.

M. AIKEN : Voilà le danger d'entendre des témoignages qui sont à côté de la question sécurité.

M. BLEACKLEY : Mais j'estime qu'on devrait me donner l'occasion de répondre.

M. AIKEN : Je suis d'accord.

M. GRAY : Certainement, et il s'agit seulement d'un on-dit, tout au moins en ce qui me concerne. Tout au long de son exposé d'aujourd'hui, M. Bleackley a parlé de ce que le gouvernement indien lui avait dit de faire, et ce que les membres du ministère de l'Energie atomique des Indes lui disaient par derrière et il est évident qu'il travaillait de concert avec eux. Une large part de son travail a été effectuée à notre bénéfice et à celui du Canada. Je ne doute pas de l'entière sincérité de M. Bleackley à l'égard de ce projet. Je suis convaincu qu'il a agi selon ce qu'il croyait être le mieux dans ce domaine. J'estime qu'il a beaucoup travaillé pour essayer d'aider les Indiens dans leur programme technique. Il est seulement advenu que tant la *Shawinigan Engineering* que l'A.E.C.L. ont estimé qu'elles ne pouvaient plus continuer à mener le projet sous la direction de M. Bleackley, alors ingénieur résident de la *Shawinigan*. M. Bleackley a donné sa démission en 1958. La plupart des critiques, aujourd'hui, s'adressent non pas à l'A.E.C.L. mais à un entrepreneur et ingénieur canadiens — ce n'est pas l'Energie atomique.

Le PRESIDENT : Nous sommes d'accord.

M. AIKEN : Je pense que l'on devrait donner à M. Bleackley une occasion de répondre.

Le PRESIDENT : Oui. M. Gray a parlé d'une gratification. Il vous a demandé si vous en aviez reçu d'autres d'une source différente ?

M. BLEACKLEY : J'en ai reçu une de la *Shawinigan Engineering Company* à la fin de 1956.

Le PRESIDENT : A combien s'élevait-elle ?

M. BLEACKLEY : 1,500 dollars. J'ai reçu la même à la fin de 1957, un mois avant que ma compagnie ne décide qu'elle était brusquement mécontente de mes services.

Le PRESIDENT : Un mois avant qu'on vous dépose, vous avez reçu une gratification de \$1,500 ?

M. BLEACKLEY : Oui.

M. DRYSDALE : Sont-ce les douze mille roupies ?

M. BLEACKLEY : En tant que directeur du projet, je touchais une indemnité de subsistance du gouvernement des Indes. La *Shawinigan Engineering Company* me versa mes appointements jusqu'à la fin de juin. M. Gray a dit : "Si vous voulez lui payer une indemnité de subsistance jusqu'à la fin juin, vous devez le faire séparément; nous ne voulons pas augmenter le traitement moyen des autres Canadiens." Ce paiement *ex gratia* a été équivalent à mon indemnité de subsistance à la fin de juin. Ils ont calqué l'indemnité de rupture de contrat de la *Shawinigan Engineering Company*.

M. DRYSDALE : Quelle était la somme, en dollars ?

M. BLEACKLEY : Environ \$3,000.

M. DRYSDALE : Pourquoi êtes-vous venu témoigner devant le Comité aujourd'hui ?

M. BLEACKLEY : Parce qu'on me l'a demandé.

M. DRYSDALE : Etiez-vous assigné ?

M. BLEACKLEY : J'ai reçu une lettre me demandant de venir ici pour témoigner.

M. DRYSDALE : M. Gray a dit que vous en vouliez à l'*Atomic Energy of Canada Limited* et que vous étiez plutôt un employé mécontent.

Le PRESIDENT : Ex-employé.

M. DRYSDALE : Voudriez-vous vous expliquer là-dessus ?

M. BLEACKLEY : Les circonstances furent telles que toute cette affaire advint à la demande de l'*Atomic Energy of Canada*.

Le PRESIDENT : Vous parlez de votre renvoi ?

M. BLEACKLEY : Oui. Ma propre compagnie n'a jamais exprimé de mécon-

tentement vis-à-vis de moi jusqu'à la fin de 1957. Je possède une lettre dans laquelle la compagnie déclare: "Nous avons toute confiance en votre compétence pour l'exécution du travail qui vous a été confié par l'Atomic Energy of Canada."

Le PRESIDENT: Combien de temps êtes-vous resté là-bas?

M. BLEACKLEY: Deux mois.

Le PRESIDENT: Messieurs, nous ne pourrons pas finir ce soir.

M. DRYSDALE: Il ne reste pas grand chose.

Le PRESIDENT: Je suis à la disposition du Comité.

M. GRAY: Je reçois le blâme de cette affaire et je n'étais cependant pas président de la compagnie quand les choses se sont produites. Toutefois, j'y ai pris une part active.

M. DRYSDALE: Il ne me reste qu'une ou deux questions très brèves que je pense devoir poser à M. Gray pour éclaircir la situation. Il a mentionné que ce genre de contrat est généralement du ressort du ministère du Commerce, mais que, dans ce cas, ce fut l'A.E.C.L. qui s'en est chargée. Ceci a-t-il une importance quelconque?

M. GRAY: Aucune. L'accord intergouvernemental a été signé par les deux gouvernements et nous agissions en tant qu'agent du gouvernement canadien.

M. McILRAITH: Est-ce un contrat du plan Colombo?

M. GRAY: Oui.

M. McILRAITH: C'était la méthode habituelle; je crois que le plan Colombo prévoyait la passation des accords de cette façon.

M. DRYSDALE: Je voulais avoir les observations de M. Gray.

M. GRAY: Personne d'autre n'aurait pu administrer le contrat. Si le ministère du Commerce avait pris l'affaire en main, il aurait dû nous désigner comme ingénieurs du réacteur.

M. DRYSDALE: Etiez-vous au courant des difficultés que l'on rencontrait à Montréal au sujet des divers éléments du dôme et, dans l'affirmative, avez-vous fait remarquer l'erreur?

M. GRAY: C'était très difficile; autrement, nous aurions pris des mesures contre la *Davie Shipbuilding* et la *Vickers*. Toutes deux sont de bonnes compagnies. Elles possédaient des attestations de conformité. La *Davie Shipbuilding* avait, en fait, maquetté la moitié supérieure du dôme.

Le PRESIDENT: Pourquoi a-t-elle percé tant de trous inutiles?

M. GRAY: Je n'en sais rien. Je puis cependant vous assurer que, de concert avec la *Shawinigan Engineering Company* et la *Foudation Company*, nous avons soigneusement considéré si nous avions un motif pour tenter une action contre cette société, mais apparemment nous n'en avions aucun. Il s'agissait du travail de la *Shawinigan Engineering*. Non seulement elle était l'auteur des plans mais elle avait également fourni l'équipement.

M. STEARNS: Lorsque vous avez découvert, au début de la construction, que les tôles n'avaient pas la forme voulue et que les trous n'étaient pas percés aux bons endroits, avez-vous demandé à la *Shawinigan* quelles étaient ses intentions?

M. BLEACKLEY: Oui. J'ai notifié cet état de choses à la *Shawinigan* et à la compagnie de vérification. J'ai demandé la permission de forcer les diverses parties à rembourser l'A.E.C.L. des sommes ainsi dépensées. J'ai écrit deux lettres, une à la *Vickers* et une à la *Davie Shipbuilding*.

M. STEARNS: Les avez-vous menacées de reprendre la commande, si elles ne vous envoyaient pas le matériel?

M. BLEACKLEY: Il avait été livré.

Le PRESIDENT : Vous avez dit que vous avez écrit à la compagnie de vérification et à la Shawinigan Engineering.

M. BLEACKLEY : Je leur ai télégraphié. Je leur ai demandé d'envoyer des hommes sur place.

Le PRESIDENT : Avez-vous fait des réclamations au sujet des trous superflus ?

M. BLEACKLEY : Oui. Bon nombre.

Le PRESIDENT : Avez-vous ici des copies des télégrammes ?

M. BLEACKLEY : J'ai des copies des lettres et une copie du télégramme adressé à la compagnie de vérification.

M. STEARNS : Pourquoi n'a-t-on pas pu construire un édifice circulaire ?

M. GRAY : Beaucoup de personnes ont formulé des observations sur cette question. M. Bleackley voulait qu'il soit circulaire parce que son plan était fait ainsi. Des personnes de la *Foundation Company*, à l'avis très autorisé, estimaient qu'il était impossible de construire un édifice de cette taille avec un coupole circulaire, tant par suite du genre de matériaux fournis par la Shawinigan que par suite de la méthode de construction — la question de la soudure de deux cintres. Je suis d'avis que nous n'aurions pas dû accepter, au début, qu'une structure aussi importante soit circulaire.

M. STEARNS : Ceci n'a pas affaibli la structure définitive ?

M. GRAY : Du tout, quelle que soit la valeur de la pression que l'édifice pourrait avoir à supporter.

M. BLEACKLEY : On a construit d'autres structures de réacteurs avec des tolérances plus dures et des pressions plus fortes. Je crois qu'un réacteur construit en France peut supporter une pression de plus de quinze livres par pouce carré.

M. STEARNS : Il est circulaire ?

M. BLEACKLEY : J'ai l'impression, d'après ce que j'ai vu, que la pression était beaucoup plus grande que ce que nous demandions.

M. GRAY : Il existe des quantités d'édifices qui peuvent supporter des pressions supérieures à cinq ou vingt-cinq livres par pouce carré.

M. BLEACKLEY : Nous n'avons pas conçu le nôtre pour une pression de 25 livres, comme vous l'avez dit. La spécification prévoyait cinq livres, mais disposait que l'édifice ne s'écroulerait pas dans le cas d'une pression de 25 livres. Il n'a pas été conçu pour une pression de travail de 25 livres. Etant donné les dimensions des matériaux mis en oeuvre, on a estimé que, si l'édifice était correctement construit, il ne pourrait pas se désintégrer avant que la pression atteigne 25 livres par pouce carré. Il est exact que le chiffre qui nous a été donné était de 5 livres. Mais vu la qualité des matériaux utilisés, à toutes fins utiles, cela signifiait que l'édifice serait en mesure de résister à une pression de 25 livres, s'il était convenablement bâti.

M. BEST : Vous n'aviez pas l'impression qu'il résisterait à une pression supérieure à cinq livres et M. Gray demande si de toute façon, vous auriez à faire face à une telle situation.

B. BLEACKLEY : J'estime qu'avec tous les défauts de construction, il y a de bonnes chances qu'à cinq livres, l'édifice craque.

M. BEST : Selon vous, quel genre de test ce dôme aurait-il dû subir au moment de sa construction ? Pouvez-vous lui faire subir des essais dans les circonstances actuelles ?

M. BLEACKLEY : Je voulais qu'on lui fasse subir un essai de résistance à la pression et qu'on utilise les bulles de savon. Je l'aurais essayé sous pression.

M. BEST : Laquelle ?

M. BLEACKLEY : Jusqu'à cinq livres.

M. BEST : Je crois qu'on l'a essayé à un quart de livre.

M. GRAY : Ce chiffre concerne les essais de fuite. Nous étions tous d'accord sur le fait que l'édifice devrait subir les essais de résistance à la pression jusqu'à

cinq livres, mais il a été physiquement impossible de les exécuter par suite des ouvertures existant dans le réacteur et des essais de marche. Il peut encore subir les essais.

M. DRYSDALE: Ces essais sont-ils prévus ?

M. GRAY: Oui, par le ministère de l'Energie atomique des Indes.

M. BLEACKLEY: Il est impossible d'effectuer les essais de fuite du dôme maintenant, parce qu'il est recouvert de plaques d'aluminium.

M. GRAY: Nous faisons des essais fuite chaque mois.

M. BLEACKLEY: Pas en ce qui concerne les soudures, veux-je dire.

M. McILRAITH: Vous avez dit il y a un moment que vous étiez ici parce qu'on vous l'a demandé.

M. BLEACKLEY: Oui.

M. McILRAITH: Qui vous a demandé de venir ?

M. BLEACKLEY: J'ai reçu une lettre du secrétaire.

M. McILRAITH: Vous voulez dire que la demande est venue de quelqu'un de ce Comité ?

M. BLEACKLEY: Oui.

M. McILRAITH: C'est tout, je vous remercie.

M. DRYSDALE: L'Energie atomique du Canada ou son service juridique vous a-t-il dit si oui ou non vous pouviez tenter une action en justice pour recouvrer les sommes dépensées ou les frais supplémentaires engagés à cause des trous mal percés au départ ? Je n'ai peut-être pas compris parfaitement le problème, mais cela semblerait relativement facile.

M. GRAY: Je crois que les ingénieurs de la *Shawinigan Engineering* nous ont dit qu'ils ne pensaient pas que nous avions un motif valable.

M. DRYSDALE: Mais vous l'ignorez ?

M. GRAY: Je l'ignore maintenant, mais je le savais à l'époque. J'ai oublié.

M. DRYSDALE: Pourriez-vous vérifier et nous faire connaître la réponse ?

M. GRAY: Oui.

M. BLEACKLEY: Quelqu'un de la *Shawinigan* a recouvré une partie de l'argent auprès de la *Vickers*. Je crois que \$3,000 ont été récupérés, mais aucune mesure ferme n'a été prise; en fait, rien n'a été fait pour recouvrer quoi que ce soit d'aucune autre compagnie.

M. DRYSDALE: La *Vickers* a-t-elle reconnu sa responsabilité ?

M. BLEACKLEY: Je voulais tenter quelque chose auprès du constructeur.

M. DRYSDALE: Qui vous en a empêché ?

M. BLEACKLEY: La *Shawinigan Engineering Company*.

Le PRESIDENT: Je pense que, comme M. Bleackley représentait l'*Atomic Energy of Canada Limited* au Canada jusqu'à son remerciement, il pourrait avoir quelques questions à poser dans la matinée. Personnellement, j'aimerais voir certains points élucidés. Etes-vous d'accord ? M. Gray s'en va demain, mais je crois qu'il pourrait venir pour cette réunion particulière; il dit qu'il pourrait être ici à 9 heures et demie. Les membres du Comité sont-ils d'accord pour venir à 9 heures et demie ?

M. BEST: J'ai une autre réunion.

M. DRYSDALE: Je ne pense pas qu'il reste grand chose et il n'est que 5 heures.

M. McILRAITH: Je suis d'avis qu'on devrait tenir une réunion dans la matinée, mais je dois assister à une réunion du Comité d'enquête sur la Loi du service civil.

Le PRESIDENT: Dix heures, cela vous conviendrait-il ?

M. McILRAITH: Neuf heures et demie serait parfait.

M. STEARNS : Combien faudrait-il de temps, à votre avis, pour terminer ce soir ?

Le PRESIDENT : Le Comité souhaite-t-il examiner ces procès-verbaux à huis clos ou faire quelque chose de cet ordre ? Vous devez vous rappeler que, jusqu'à son renvoi, cet homme représentait l'*Atomic Energy of Canada Limited*.

M. GRAY : Non, je vous demande pardon. Il a été relevé de ce poste, il en a donné sa démission peut-être un an avant cela. Je n'ai pas les dates.

M. BLEACKLEY : J'ai résigné mes fonctions de représentant de l'A.E.C.L. en juillet 1957. Je n'ai pas été renvoyé. Ce fut à ma propre demande, éppuyée par la *Shawinigan Engineering Company*.

M. GRAY : Et par l'*Atomic Energy of Canada Limited*.

M. BEST : Ce petit jeu est très intéressant pour nous.

Le PRESIDENT : Je suis à votre disposition. Je dois m'enaller plus tôt que vous.

M. AIKEN : Si personne ne veut poser de question supplémentaire, j'ai l'impression que nous avons à peu près épuisé le sujet, mais je puis me tromper.

Le PRESIDENT : Avez-vous quelque chose à ajouter maintenant ?

M. BEST : Qu'avez-vous fait depuis un an ou deux ?

M. BLEACKLEY : J'ai travaillé pour l'*Electric Reduction Company* en tant que directeur de la construction d'une usine chimique.

Le PRESIDENT : Possédez-vous de la correspondance qui présenterait de l'intérêt pour le Comité à propos de vos déclarations d'aujourd'hui ?

M. BLEACKLEY : Oui, j'aimerais dire ceci : je produirai les lettres que la *Shawinigan Company* m'a écrites à peu près à l'époque où j'ai démissionné de mon poste de représentant de l'A.E.C.L. et qui disaient qu'étant donné que la *Foundation Company* vivait dans le giron de l'Energie atomique du Canada, il était inévitable que les renseignements obtenus par l'A.E.C.L. soient toujours orientés d'un certain côté; et, de fait, M. Gray a toujours apporté beaucoup plus d'attention aux rapports que lui adressait le directeur de la *Foundation Company* à Chalk River qu'aux lettres que je lui écrivais.

Le PRESIDENT : Avez-vous la lettre ici, ou une copie ?

M. BLEACKLEY : Je puis fournir des renseignements à l'appui. J'ai démissionné parce que M. Gray se mêlait trop de la question sans même me consulter.

Le PRESIDENT : Je pense que nous devons prendre une décision. En tant que Comité, votre association, votre association personnelle ou les raisons qui ont motivé votre départ de la *Shawinigan* ne nous regardent pas. Vous avez dit que vous avez démissionné et rompu vos relations avec l'Energie atomique du Canada plusieurs mois avant de quitter la *Shawinigan*. Il se peut que nous n'ayons plus rien à entendre de votre témoignage. Monsieur Gray, désirez-vous éclaircir quelque autre point. Monsieur Bleackley, avez-vous quelque chose à ajouter ? Dans l'affirmative, c'est le moment. Notre Comité est là pour vous écouter.

M. McILRAITH : Je pense que nous devrions nous réunir dans la mtinée, dans le cas où nous aurions à revenir sur les témoignages d'aujourd'hui.

Le PRESIDENT : Oui, j'aimerais que M. Gray étudie vraiment les procès-verbaux. Pouvez-vous le faire ce soir ?

M. GRAY : Je pense qu'on a épuisé à peu près tout ce qui concerne l'*Atomic Energy of Canada Limited*. J'estime qu'on ne peut pas me demander de parler des questions qui regardent la *Shawinigan* ou la *Foundation*.

Le PRESIDENT : Non, non.

M. GRAY : La seule chose en quoi je semble impliqué est la question de l'assouplissement des spécifications et du rôle que j'ai joué dans la démission de M. Bleackley.

Le PRESIDENT : Monsieur Gray et monsieur Bleackley, seriez-vous d'accord pour revenir demain matin ? Faisons un effort et venons à 9 heures et demie. Ceci peut ne prendre qu'une demi-heure.

M. BEST : Ne pouvons-nous pas nous réunir à 10 heures ? J'ai une autre réunion très importante à 9 heures et demie.

Le PRESIDENT : Vous n'avez qu'à vous trouver un remplaçant.

M. BEST : Ce n'est pas une réunion de comité.

Le PRESIDENT : Si vous ne pouvez pas assister à cette réunion, trouvez un remplaçant. La réunion aura vraisemblablement lieu dans la salle 256-S. Je pense qu'il est équitable que nous tenions cette réunion et elle peut ne pas excéder 15 à 20 minutes.

M. BEST : Vous ne pouvez pas venir à 10 heures ?

Le PRESIDENT : Entendu, 10 heures.

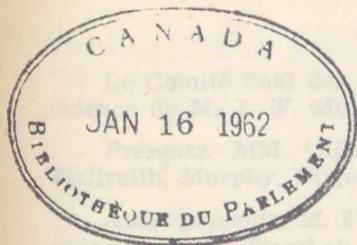
M. BEST : Merci beaucoup.

Le PRESIDENT : Je vous en prie.

CHAMBRE DES COMMUNES

Quatrième session de la vingt-quatrième législature

1960-1961



COMITÉ SPÉCIAL

DES

RECHERCHES

Président: M. J. W. MURPHY

PROCÈS-VERBAUX ET TÉMOIGNAGES

Fascicule 27

ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED

SÉANCE DU JEUDI 1<sup>er</sup> JUIN 1961

TÉMOINS:

M. F. J. Bleackley, Dunnsville (Ontario); M. John Davis, directeur de la recherche et de l'organisation à la *B. C. Electric Company Limited*; M. J. L. Gray, président de l'*Atomic Energy of Canada Limited*; et M. W. B. Lewis, vice-président, division de la recherche et du développement de l'A.E.C.L.

ROGER DUHAMEL, M.S.R.C.  
IMPRIMEUR DE LA REINE ET CONTRÔLEUR DE LA PAPETERIE  
OTTAWA, 1961



COMITÉ SPÉCIAL DES RECHERCHES

Président: M. J. W. Murphy

Vice-président: M. C. A. Best

et MM.

Aiken  
Anderson  
Batten  
Bissonnette  
Bourget  
Drysdale

Dumas  
Forgie  
Godin  
Korchinski  
McIlraith  
Nugent

Pitman  
Robinson  
Slogan  
Stearns  
Stewart

Le secrétaire du Comité,  
J. E. O'Connor.

ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED

SÉANCE DU JEUDI 1<sup>er</sup> JUIN 1951

TÉMOINS:

M. F. J. Blackley, Dunnville (Ontario); M. John Davis, directeur de la recherche et de l'organisation à la B. C. Electric Company Limited; M. J. L. Gray, président de l'Atomic Energy of Canada Limited; M. W. B. Lewis, vice-président, division de la recherche et du développement de l'A.E.C.A.

BOURNE DUNHAM & SONS  
IMPRIMERIE DE LA REINE ET CONTRÔLEUR DE LA PAPERIE  
OTTAWA, 1951

## COMITÉ SPÉCIAL

# PROCÈS-VERBAL

JEUDI 1<sup>er</sup> juin 1961

(33)

Le Comité final des recherches se réunit à 10 h. 3 du matin, sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents:* MM. Aiken, Anderson, Batten, Best, Danforth, Drysdale, McIlraith, Murphy, Nugent, Pitman, Robinson et Stearns—(12).

*Aussi présents:* M. F. J. Bleackley, ancien directeur du projet de réacteur canado-indien, Trombay. *De l'Atomic Energy of Canada Limited:* M. J. L. Gray, président; M. D. Watson, secrétaire; ainsi que M. G. G. Laurence, directeur des recherches, Division des recherches et du perfectionnement (réacteurs).

*Il est convenu*—Que M. C. J. Mackenzie, président de la Commission de contrôle de l'énergie atomique, soit invité à comparaître devant le Comité pendant la semaine du 5 juin.

M. Bleackley et Gray ont été de nouveau interrogés au sujet de la construction et du fonctionnement du réacteur canado-indien de Trombay (Inde).

M. Gray donne lecture de passage d'une lettre écrite le 5 avril 1960 par M. Bahbah, président de la Commission d'énergie atomique de l'Inde.

A 9 h. 55, le Comité s'ajourne jusqu'à 2 heures et demie de l'après-midi.

## SÉANCE DE L'APRÈS-MIDI

(34)

Le Comité se réunit de nouveau à 2 h. 37, sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents:* MM. Aiken, Best, Danforth, McIlraith, Murphy, Nugent, Pitman, Robinson, Slogan et Stearns—(10).

*Aussi présents:* M. John Davis, directeur des recherches et de la planification, B. C. Electric Company Limited. *De l'Atomic Energy of Canada:* M. J. L. Gray, président; M. D. Watson, secrétaire; M. W. B. Lewis, vice-président, Recherches et perfectionnement; et M. G. C. Laurence, directeur des recherches, Division des recherches et du perfectionnement (réacteurs).

Le président présente M. Davis, qui donne lecture d'un mémoire intitulé «Le côté économique de l'énergie nucléaire au Canada», dont des exemplaires sont remis aux membres du Comité.

*Il est convenu*—Que les appendices au mémoire seront publiés en appendice au compte rendu des délibérations de la journée (*voir Appendice A*).

Les documents suivants ont été déposés et le texte en a été distribué aux membres:

1. «Pour l'enrichissement de l'uranium au Canada».
2. «La rentabilité de la production d'eau lourde au Canada».
3. Rapport préparé par E.I. du Pont de Nemours & Co. et intitulé: «Potentiel économique des générations atomiques D<sub>2</sub>O».

Il est convenu—Que les deux premiers documents mentionnés soient publiés en appendices au compte rendu des délibérations de la journée (voir Appendices B et C).

M. Davis cite des passages de certains documents et lettres, après quoi son mémoire est commenté par MM. Gray et Lewis.

M. Gray informe le Comité qu'il a reçu confirmation de la *Shawinigan Engineering Company* quant à la garantie portant que la coupole du réacteur canado-indien peut résister à une pression de cinq livres par pouce carré.

A 4 h. 50 de l'après-midi, le Comité s'ajourne jusqu'à 2 h. 30 de l'après-midi, le mardi 6 juin 1961.

Le greffier du Comité,

J. E. O'Connor.

## TÉMOIGNAGES

Le JEUDI, 1<sup>er</sup> juin 1961.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, nous sommes en nombre. M. Bleackley est ici de nouveau ce matin.

Quelqu'un a-t-il des commentaires à formuler à propos de nos délibérations et souhaite-t-on entendre d'autres témoignages? J'ai pensé que le Comité voudrait peut-être entendre M. C. J. Mackenzie, président de la Commission de contrôle de l'énergie atomique. Il pourrait nous faire certaines déclarations rassurantes qui nous intéresseraient, je crois. Convierait-il de le convoquer la semaine prochaine?

Assentiment.

M. Gray devant s'absenter, M. Laurence pourrait demander à M. Mackenzie d'informer le greffier par téléphone du moment qui lui conviendrait le mieux et les membres pourraient être convoqués pour ce moment-là.

A-t-on quelque chose à dire avant que M. Bleackley reprenne son exposé?

M. BEST: Avons-nous déterminé le moment où MM. Stewart et Butler feront leur déposition?

M. GRAY: Je puis confirmer que M. Stewart sera disponible mardi. Quant à M. Butler, il ne reviendra pas avant lundi; autant que je sache, il serait disposé à venir ici mardi matin.

Le PRÉSIDENT: Je crois que nous ne pourrions nous réunir que mardi après-midi.

M. BEST: Nous n'avons pas salle libre le matin.

Le PRÉSIDENT: Le greffier me dit que cinq ou six comités se réunissent le matin les mardis et jeudis; il serait donc difficile de trouver un local et un nombre suffisant de députés. Par conséquent, nous pourrions nous réunir dans l'après-midi, à l'heure qui vous conviendra.

M. BEST: L'après-midi et le soir.

Le PRÉSIDENT: Vers 2 heures et demie, par exemple.

M. BEST: Il y en a un ou deux parmi nous qui ne seront pas libres mercredi ou jeudi.

Le PRÉSIDENT: Puisque ces messieurs de Chalk River vous intéressent beaucoup, M. Best, il faudrait trouver une date qui vous va. Vous partez pour Washington?

M. BEST: Oui, c'est à cela que tient la difficulté.

Le PRÉSIDENT: Nous devons en tenir compte, je pense.

M. BEST: Mardi me convient.

Le PRÉSIDENT: Très bien, mettons mardi. Nous pourrions avoir deux réunions ce jour-là. C'est ce que nous allons supposer pour le moment.

M. AIKEN: M. McIlraith avait des questions à poser hier soir; il n'est pas arrivé.

M. BATTEN: Il est à un autre comité.

Le PRÉSIDENT: Est-ce qu'il viendra?

M. BATTEN: Je ne crois pas.

Le PRÉSIDENT: Est-ce M. Gilchrist qu'il voulait interroger? Peut-être pourrait-il communiquer ses questions à M. Batten?

Monsieur Bleackley, on vous a accordé passablement de latitude hier, vous le savez. Ce matin, il vous faudra limiter votre témoignage à ce que vous avez appris personnellement plutôt que par personne interposée. Je supposais hier que, étant donné que vous avez dirigé cette entreprise pendant longtemps, vous étiez au courant de ces événements et de ces conversations. C'est pourquoi je vous ai accordé beaucoup de latitude.

Vous voici monsieur McIlraith; avez-vous des questions à poser au témoin?

M. McILRAITH: A M. Bleackley?

Le PRÉSIDENT: Oui.

M. McILRAITH: Non, rien de plus.

M. BEST: M. Bleackley, avez-vous quelque chose à ajouter à la suite des dépositions d'hier?

M. BLEACKLEY: Oui, monsieur. J'ai une observation à faire. M. Gray a déclaré ici que l'A.E.C.L. (Atomic Energy Company Limited) n'a eu rien à voir aux difficultés dont j'ai parlé; selon lui, ce n'était, en somme, que les divagations d'un employé mécontent. Cela m'inquiète passablement. Je me suis entretenu avec M. Gray au téléphone il y a deux mois; il m'a dit que votre comité siégeait et que si je venais y témoigner, ma carrière au Canada serait à jamais compromise. Je voudrais vous lire des passages de lettres et de documents; M. Aiken, j'en suis sûr, jugera ce témoignage admissible. J'en donnerai lecture si vous m'y autorisez, monsieur le président.

Le PRÉSIDENT: Des lettres de qui, monsieur Bleackley?

M. BLEACKLEY: Des lettres que m'a adressées ma compagnie.

Le PRÉSIDENT: De la *Shawinigan*?

M. BLEACKLEY: Des lettres à la *Shawinigan* dont on m'a envoyé le texte; des lettres de l'Atomic Energy of Canada et des passages de procès-verbaux de réunions qui ont eu lieu en Inde et auxquelles M. Gray et moi-même avons assisté.

M. BEST: Pouvez-vous nous expliquer, monsieur Bleackley, en quoi cela peut se rattacher à notre étude sur l'A.E.C.L. et en quoi cela peut intéresser nos délibérations? Il faudrait établir un lien assez direct entre les deux.

M. BLEACKLEY: Oui; je veux démontrer que l'A.C.E.L. n'a pas administré cette entreprise d'après les méthodes habituelles; que, d'ici, la *Foundation Company of Canada* a influé sur ses décisions et qu'il en eût été autrement, j'en suis sûr, si l'affaire avait été confiée à un autre organisme, plus expérimenté en ces matières.

M. BEST: Qu'entendez-vous par d'autres organismes?

M. AIKEN: Y a-t-il au Canada d'autres organismes que l'A.E.C.L. qui possèdent beaucoup d'expérience en matière de réacteurs classiques ou d'entreprises de ce genre?

M. BLEACKLEY: Je commence par votre question, monsieur le président. C'est le ministère du Commerce, je crois, qui administre tous les programmes d'aide à des pays étrangers. Les questions que je veux débattre n'ont rien à voir aux réacteurs en soi.

Le PRÉSIDENT: Le témoin nous dit que les questions qu'il veut débattre n'ont rien à voir aux réacteurs.

M. BLEACKLEY: En effet; la construction de ce navire et les autres affaires dont j'ai parlé hier n'ont rien à voir aux réacteurs en soi. On aurait pu construire cette coupole à toutes sortes de fins. Il se trouve qu'on l'a construite pour y loger un réacteur.

M. BEST: M. Gray a donné à entendre, je crois, que l'A.C.E.L. n'avait pas participé directement à la construction de certaines parties de cette installation.

M. GRAY: Nous avons simplement conclu des contrats avec deux sociétés, la *Shawinigan Engineering Company*, pour les travaux de génie, et la *Foundation Company of Canada Limited*, pour la construction proprement dite. C'est ainsi qu'on a toujours procédé.

Si nous pouvions siéger à huis clos, monsieur le président, je pourrais donner lecture de notes assez volumineuses que j'ai prises moi-même, au moment critique, lorsque nous étions en Inde. Ces notes sont confidentielles; elles sont à moi et représentent, j'en suis sûr, un témoignage admissible. Mais elles intéressent des sociétés particulières en activité au Canada et renferment certaines critiques sur le comportement de la Division de l'énergie atomique en Inde. Je suis sûr que les membres du Comité se feraient une plus juste idée des affirmations de M. Bleakley, s'ils prenaient connaissance de ces notes. Elles ont été écrites quelques heures à peine après la réunion. Les procès-verbaux dont parlait M. Bleackley hier n'ont rien d'officiel. Je n'en ai trouvé qu'un seul exemplaire. Ils ont été rédigés par un membre du personnel indien à une réunion que nous avons eue là-bas. On a fini par me les communiquer, mais je ne les ai pas acceptés comme donnant une juste idée de la réunion. Comme beaucoup de temps s'était écoulé, j'ai cru qu'il n'était pas nécessaire de réunir tous les intéressés pour qu'ils s'entendent sur un nouveau procès-verbal. Par conséquent, à mon avis, il n'existe pas de compte rendu officiel de ces réunions.

M. BEST: Avez-vous relu depuis hier une série analogue de notes?

M. GRAY: Non. J'ai un des procès-verbaux dont il a parlé, je crois. Nous n'avons pas l'autre, semble-t-il; je ne sais pas sur quoi il porte.

M. DRYSDALE: Qui était présent à cette réunion, monsieur Gray?

M. GRAY: M. Allardice, secrétaire de la Division indienne de l'énergie atomique; M. Sethna, premier ingénieur de ce même service; moi-même; M. J. D. Wallace, principal représentant sur place de l'A.E.C.L.; M. G. R. Adams, un des principaux directeurs de la *Foundation Company*, et M. G. A. Pankhurst, directeur résident de cette même société.

M. DRYSDALE: La date?

M. GRAY: Le 7 février 1958.

M. DRYSDALE: Une seule chose me préoccupe. Le Comité—il avait abondamment raison dans les circonstances, je pense—a refusé d'entendre les procès-verbaux dont M. Bleackley voulait lui donner lecture. M. Bleackley n'était pas présent à cette réunion. Peut-être pourriez-vous vous contenter de nous donner une idée générale de la valeur de ces procès-verbaux.

M. GRAY: A mon avis, ils n'ont aucune valeur pour le Comité. Ils ne sont pas officiels; je m'opposerais certainement à leur dépôt sans le consentement de la *Foundation Company* et de la Division indienne de l'énergie atomique.

M. DRYSDALE: Je ne veux pas être injuste, mais ne jugeriez-vous pas raisonnable que nous rejetions les deux versions? Vous proposez que nous siégions à huis clos?

M. GRAY: Je ne proposais pas qu'on donne lecture des procès-verbaux; je voulais lire le rapport que j'ai rédigé sur le temps que j'ai passé en Inde du 4 au 7 février 1958; il porte, je pense, sur la plupart des points soulevés par M. Bleackley, mais nous mène à des conclusions assez différentes.

M. AIKEN: J'ai soulevé cette question hier. Le Comité doit se demander pourquoi il a convoqué M. Bleackley. C'était pour qu'il expose ses vues sur les erreurs du programme canado-indien de construction d'un réacteur. C'est parfaitement normal et je le remercie de son témoignage. Ce à quoi je me suis opposé hier—je n'ai pas changé d'idée—en ce qui concerne M. Gray, c'est que nous nous engageons dans un débat sur toutes sortes de questions connexes et que nous acceptons des témoignages indirects. Mon opposition se résumait

à cela. Les témoins—et M. Gray, et M. Bleackley—sont ici. Ils doivent, en somme, se limiter à ce qu'ils savent et s'en tenir aux dispositions des accords internationaux. On devrait donc se dispenser de lire, les procès-verbaux, les rapports et autres documents quand ce n'est pas indispensable.

M. DRYSDALE: On pourrait peut-être simplifier les choses. J'estime, pour ma part, que le principal point litigieux qu'a soulevé hier M. Bleackley porte sur la coupole de sûreté. M. Gray nous a dit qu'il était présent à ces réunions. Sans se reporter au texte même des notes, il pourrait peut-être faire d'autres commentaires à ce sujet.

M. McILRAITH: Il y a un autre point qu'il ne faut pas oublier, je pense. Les propres notes de M. Gray, qu'il a lui-même rédigées après l'événement, sont un compte rendu de souvenirs d'événements passés; aucun tribunal ne les jugerait admissibles comme éléments directs de preuve. Si M. Gray veut s'y reporter pour se rafraîchir la mémoire, c'est tout à fait conforme aux règles, mais il faut faire la distinction entre ces notes et les procès-verbaux des réunions.

M. AIKEN: La distinction est si subtile qu'il ne vaut pas la peine, à mon avis, qu'on s'y arrête.

Le PRÉSIDENT: En ce qui concerne la Division indienne de l'énergie atomique, la question des procès-verbaux a été réglée hier. On a parlé des lettres adressées au gouvernement de l'Inde, représenté par la Division indienne de l'énergie atomique. Nous savons tous par expérience que les procès-verbaux ne seraient admissibles qu'avec le consentement de la Division indienne de l'énergie atomique ou du gouvernement de l'Inde. On ne sont pas tant les droits des entrepreneurs que ceux des gouvernements qui me préoccupent.

M. STEARNS: En réfléchissant à ce que j'ai entendu, il me semble que, puisqu'il s'agit d'une entreprise du plan de Colombo, le Comité n'a pas à s'arrêter trop longuement au côté économique. Si, à cause de certaines erreurs, les frais de construction ont été trop élevés, cela ne nous regarde pas. Il ne s'agit pas ici de Chalk River ni d'installations que nous aménageons pour nous-mêmes à même les fonds publics. Nous devons nous arrêter plutôt à l'élément sécurité, nous assurer qu'on a pris toutes les précautions nécessaires et qu'il n'y a pas de vice de construction.

Le PRÉSIDENT: Il me semble, monsieur Stearns, que, simplement parce qu'il s'agit d'une entreprise du plan de Colombo, cela ne veut pas dire que nous devons nous désintéresser du côté économique.

M. STEARNS: Ce n'est pas à nous qu'il appartient, à mon avis, de déterminer si les fonds ont été judicieusement dépensés.

Le PRÉSIDENT: Nous avons à étudier la ligne de conduite, l'activité et le budget de l'A.E.C.L. Quelqu'un veut-il interroger le témoin sur sa déposition et sur la façon dont il entend la présenter?

M. NUGENT: Pour ce qui est des procès-verbaux des réunions et des notes de M. Gray, il me semble que ces deux messieurs ont ce qu'on pourrait appeler leur propre version quant à ce qui s'est passé aux réunions; si nous acceptons l'une, il nous faut aussi accepter l'autre ou encore les rejeter toutes les deux. M. Gray a peut-être simplement rédigé des notes personnelles après la réunion; M. Bleackley nous dit, de son côté, que ses notes ont été prises à la réunion même.

M. GRAY: Nous ne parlons pas des mêmes réunions.

Le PRÉSIDENT: J'ai exprimé ce que je crois être l'avis du Comité à propos des procès-verbaux, c'est-à-dire que, comme tous le reconnaîtront sans hésiter, ils ne sont admissibles ici qu'avec le consentement du gouvernement de l'Inde.

M. NUGENT: Cela vaut dans les deux cas.

Le PRÉSIDENT: Dans les deux cas. Cependant, M. Gray déclare que ses notes ne se rattachent pas aux dates mentionnées par M. Bleackley. Soit dit en passant, M. Gray donne à entendre que certains renseignements confidentiels devraient être communiqués au Comité. A mon avis, nous devrions entendre ce témoignage, avant d'ajourner.

M. DRYSDALE: Les journalistes seront-ils exclus?

Le PRÉSIDENT: Beaucoup de gens seraient exclus, je le crains.

M. ROBINSON: Après avoir entendu hier M. Bleackley et aussi M. Gray, nous ne tenons peut-être pas trop à pousser cette affaire plus loin.

Le PRÉSIDENT: Monsieur Bleackley, qu'avez-vous à dire et de quoi voulez-vous parler? Vous savez ce que c'est qu'un témoignage direct. Le vôtre l'est-il?

M. BLEACKLEY: Oui, monsieur, il l'est.

Le PRÉSIDENT: Nous verrons bien. Vous pouvez commencer.

M. BLEACKLEY: Voici un passage d'une lettre portant la date...

Le PRÉSIDENT: Dites d'abord de quoi il s'agit.

M. BLEACKLEY: Il s'agit de ce qui s'est passé sur le chantier des travaux.

Le PRÉSIDENT: L'Atomic Energy of Canada Limited est-elle en cause?

M. BLEACKLEY: On ne donne pas de nom.

Le PRÉSIDENT: Montrez-moi la lettre.

M. NUGENT: Je me demande ce qu'on veut prouver pas ce témoignage; des erreurs, de l'incompétence, ou quoi? J'étais malheureusement absent hier et je ne suis pas au courant?

M. AIKEN: J'aimerais beaucoup mieux que M. Bleackley s'exprime dans ses propres mots sans citer de documents. Il sait ce qu'il pense de cette affaire, quelles ont été les erreurs, à son avis, et ce qu'on a fait ou qu'on n'a pas fait pour les redresser. Il ne devrait par invoquer le témoignage indirect d'autres personnes. Nous sommes tout désireux de l'entendre, je pense, s'il a quelque chose à ajouter; mais il ne faudrait pas s'embarquer dans l'examen d'une volumineuse correspondance. Je me suis reporté au passé et je ne me souviens pas que le Comité ait jamais admis la production de lettres, sauf de lettres officielles. Nous l'avons bien vu hier, une série de lettres en amène une autre. Nous serions ainsi détournés de notre but.

M. NUGENT: Dans quel dessein veut-on produire cette correspondance? Qu'est-ce qu'on entend prouver par là?

Le PRÉSIDENT: Veuillez poser votre question au témoin.

M. NUGENT: Pouvez-vous me répondre, monsieur Bleackley?

Le PRÉSIDENT: J'ai lu la lettre que vous vous proposez de nous communiquer, monsieur Bleackley. Disons d'abord qu'elle porte la note «personnelle et confidentielle» et que ce n'est pas à vous qu'elle a été adressée. A vous la parole, monsieur Nugent.

M. NUGENT: Je veux savoir, monsieur Bleackley, où vous voulez en venir et quelles affirmations vous entendez appuyer par ces lettres. Ce sont des preuves à l'appui, j'imagine. Que soutenez-vous et qu'entendez-vous prouver par ces lettres?

M. BLEACKLEY: Hier, on a permis à M. Gray d'affirmer, sans autre témoignage à l'appui, que ma déposition n'était, en somme, que les divagations d'un employé mécontent. On lui a permis de le dire sans lui demander d'appuyer cette affirmation sur des documents. Je veux simplement produire la preuve du contraire.

M. AIKEN: Voulez-vous dire que ce n'est pas vrai?

M. BLEACKLEY: Ce n'est pas vrai.

Le PRÉSIDENT: Avez-vous un emploi en ce moment?

M. BLEACKLEY: Non, monsieur.

Le PRÉSIDENT: Depuis quand êtes-vous sans travail?

M. BLEACKLEY: Depuis trois mois.

M. BEST: Vous avez parlé d'un emploi hier. Pour quelle société avez-vous travaillé depuis que vous avez quitté la *Shawinigan*?

M. BLEACKLEY: Pour l'*Electric Reduction Company of Canada*.

M. BEST: Pendant combien de temps?

M. BLEACKLEY: Pendant deux ans, moins deux mois, d'avril 1959 à février dernier. Puis-je poursuivre un instant mon exposé; il se rattache à la discussion en cours. Il y a un an, un journal a publié un article critiquant l'Atomic Energy of Canada et la construction du réacteur canado-indien. Mon employeur m'a dit dans le particulier et en termes clairs que si je me mêlais de cette affaire je ne pouvais m'attendre de demeurer à son emploi.

M. BEST: Qui a écrit l'article et dans quel journal?

M. BLEACKLEY: Dans une publication Hunter-Maclean.

M. BEST: Laquelle?

M. BLEACKLEY: *Modern Power and Engineering*, je pense.

M. BEST: Et l'auteur?

M. BLEACKLEY: C'était un article de fond de M. Roy Golding, je crois.

M. AIKEN: Je ne vois pas pourquoi M. Bleackley hésiterait à se présenter devant un comité pour y faire une déposition publique. Cependant, il doit se limiter, à mon avis, à son propre témoignage.

M. BEST: Le témoin pourrait-il continuer? Avez-vous terminé vos commentaires là-dessus, monsieur Bleackley?

M. BLEACKLEY: Oui.

M. NUGENT: Monsieur le président, je n'avais pas fini d'interroger le témoin quant à ce qu'il entend prouver. Je suppose, monsieur Bleackley, que vous avez fait certaines affirmations. Par ces lettres, voulez-vous démontrer que vos affirmations à propos de l'administration de cette entreprise en Inde sont fondées ou entendez-vous vous défendre personnellement contre l'accusation portant que vous n'êtes qu'un employé mécontent?

M. BLEACKLEY: Les deux, monsieur.

M. NUGENT: Voulez-vous dire que vous établirez ces deux faits à la fois? Certes, chaque lettre ne saurait prouver...

M. BLEACKLEY: Tout ce que j'affirme, c'est qu'il existe certains documents attestant que l'administration de l'entreprise n'est pas au-dessus de tout reproche et que la raison de mon départ n'est pas celle qu'a mentionnée M. Gray.

M. AIKEN: Voyons si cela peut être corroboré par le témoignage de M. Gray. Il a fait une simple déclaration.

M. BLEACKLEY: Il l'a dit et cela figure au compte rendu.

M. AIKEN: Oui et vous l'avez contredit.

M. BEST: Quand avez-vous quitté votre dernier emploi? C'est un point qui pourrait nous intéresser.

M. NUGENT: Pourrais-je continuer mon interrogatoire? J'étais absent hier, monsieur Bleackley; je n'ai donc pas entendu ces affirmations. Vous avez dit que quelque chose n'allait pas, que le travail n'avait pas été bien exécuté. Avez-vous porté des accusations précises à propos d'erreurs dont vous avez été témoin dans l'exécution de ce projet; avez-vous en votre possession aujourd'hui des documents qui confirment ou corroborent ce que vous avez dit à propos de ces erreurs?

M. BLEACKLEY: Oui, monsieur, j'ai dit qu'il n'y avait aucun contact au Canada entre l'A.E.C.L. et son entrepreneur et qu'une liaison était nécessaire pour une entreprise de ce genre. La *Foundation Company*, ici au Canada, semblait exercer une influence sur l'A.E.C.L., laquelle recevait ses rapports directement de la *Foundation Company* là-bas, bien que je fusse alors son représentant.

Le PRÉSIDENT: Vous assumez la responsabilité des réponses, monsieur Nugent.

M. BEST: Qu'entendez-vous par «exercer une influence»?

M. BLEACKLEY: M. Gray s'en remettait à quelqu'un d'autre, bien que je fusse son représentant. Mon employeur le savait et, dans une lettre qu'il m'a adressée, il me disait que la *Foundation Company* faisait probablement pression sur l'A.E.C.L., ici au Canada.

Le PRÉSIDENT: Avez-vous cette lettre?

M. GRAY: Je puis confirmer que l'A.E.C.L. a certes été conseillée par la *Foundation Company*, entreprise de construction d'excellente réputation et de grande compétence. Nous avons été conseillés par elle, comme aussi par la *Shawinigan*. C'est évident. Ne pas les consulter aurait été une grave erreur.

M. DRYSDALE: Cette discussion est intéressante, mais le point important que nous voulons tirer au clair c'est de savoir si la coupole de sûreté répond assez bien aux normes de sécurité. La seule façon d'y arriver c'est de chercher à obtenir un rapport à jour sur la sécurité qu'offre effectivement cette installation. M. Gray pourrait nous dire si l'A.E.C.L., est encore responsable de cet aménagement ou si cette responsabilité repose maintenant sur l'Inde.

En outre, M. Gray a parlé hier de déclarations et de lettres portant que l'Inde est satisfaite de l'ensemble des travaux afférents au réacteur; à mon avis, ces lettres et déclarations devraient être consignées au compte rendu car si, comme le dit M. Gray, l'Inde est satisfaite, je ne vois pas de quoi on pourrait se plaindre.

M. GRAY: Je les verserai volontiers au compte rendu. A la suite de nos réunions en Inde, en février 1958, j'ai informé par écrit le principal représentant canadien—le texte de la lettre a aussi été adressé à la Division de l'énergie atomique, à la *Foundation Company* et à la *Shawinigan Engineering*—que nos entretiens avec la Division indienne de l'énergie atomique pendant mon séjour là-bas avaient confirmé que l'immeuble devait résister à une pression interne de 5 livres par pouce carré; on songeait aussi à soumettre la coquille à une pression de 25 livres par p.c. En tout cas, nous avons exigé de la *Shawinigan Engineering Company* qu'elle certifie que la structure résisterait à une pression de 5 livres par p.c. Un exemplaire de la lettre, devant servir d'avis officiel, a été adressé à la SECO et à la *Foundation*.

M. DRYSDALE: Avez-vous obtenu cette garantie?

M. GRAY: Je n'en suis pas sûr.

M. DRYSDALE: Pourriez-vous vérifier? Vous pourriez nous dire si vous l'avez obtenue. C'est ce que vous demandiez dans votre lettre: un certificat portant que l'installation résisterait à cette pression.

M. GRAY: Nous vérifierons.

Le PRÉSIDENT: Monsieur Gray, le gouvernement indien aurait-il accepté le réacteur avant qu'il ait subi une épreuve appropriée?

M. GRAY: Il ne l'aurait pas accepté. Il n'y a rien à craindre du côté de la sécurité.

M. DRYSDALE: Le réacteur n'a pas encore été remis à l'Inde?

M. GRAY: Il l'a été. Autant que je sache, il n'y a plus de Canadiens qui aient affaire au réacteur, à Bombay. Nous sommes à l'étape intermédiaire...

M. DRYSDALE: A quelle date le réacteur a-t-il été remis officiellement au gouvernement indien?

M. GRAY: Le 16 janvier dernier. C'est M. Churchill qui en a fait la cession. A la fin de janvier, avec le plein assentiment des Indiens, tout notre personnel est revenu de là-bas.

Sachant que je devais comparaître l'an dernier devant votre Comité, j'ai écrit à M. Bhabha pour lui communiquer la partie de mon rapport que j'ai soumise au Comité l'an dernier et de nouveau cette année, en ce qui concerne le réacteur canado-indien; je lui ai demandé s'il trouvait quelque chose à redire à cet alinéa qui se trouve dans le rapport.

M. DRYSDALE: L'alinéa 75?

M. GRAY: Oui. Je lui ai demandé en particulier s'il voulait bien confirmer la phrase que voici:

M. Homi Bhabha, directeur de la Division indienne de l'énergie atomique, a maintes fois cité cette entreprise en exemple; il y voit l'un des plus vastes et des plus importants projets internationaux d'utilisation pacifique de l'énergie atomique.

M. Bhabha m'a répondu qu'il corroborait volontiers cette déclaration; il me proposait en même temps de donner lecture de deux alinéas d'une lettre qu'il m'a écrite le 5 avril 1960.

M. DRYSDALE: Sur quoi portent les deux autres alinéas dont vous n'avez pas donné lecture?

M. GRAY: Sur le rapport qu'aurait publié M. Golding, d'après M. Bleackley. Je ne crois pas que M. Bhabha veuille être mêlé à une polémique sur des informations parues dans des journaux du Canada.

M. AIKEN: La déclaration catégorique de M. Gray portant que le gouvernement indien est satisfait devrait sans doute suffire. Je ne voudrais pas m'embarquer dans une discussion sur la correspondance.

Le PRÉSIDENT: Je crois, monsieur Aiken, comme l'a dit M. Drysdale en interrogeant M. Gray, que les renseignements que M. Gray s'apprête à nous communiquer sont très importants pour le Comité. M. Gray nous a dit que, sachant qu'il devait comparaître devant le Comité, il a écrit à M. Bhabha lui demandant de l'autoriser à donner lecture de certains passages et il a obtenu cette autorisation. Je ne sais rien de ces autres passages de la lettre mais j'estime qu'il est important qu'ils soient versés au compte rendu.

M. DRYSDALE: C'est indispensable, à mon avis, à cause du conflit d'opinions. M. Gray est directement en cause.

Le PRÉSIDENT: M. Gray l'a dit, M. Bhabha l'a autorisé à faire état de sa déclaration. On devrait lui permettre d'en donner lecture.

M. GRAY: La lettre porte la date du 5 avril 1960; en voici les deuxième et troisième alinéas:

Nous sommes tout à fait satisfaits du réacteur canado-indien et de la façon dont les travaux, maintenant sur le point d'être terminés, ont été exécutés. Les rapports entre les personnels canadien et indien sont en ce moment très amicaux; ils le sont du reste depuis longtemps. Nous croyons que M. K. J. Gray, de la SECO, a fait de l'excellent travail. Je lui ai écrit pour le lui dire à son départ et pour lui transmettre les remerciements de l'Inde pour sa participation à l'entreprise.

J'ai dîné avec le haut commissaire canadien à Delhi il y a quinze jours; nous y avons discuté de certains autres articles parus dans des journaux canadiens. Comme vous le savez, cette entreprise nous a causé des difficultés il y a quelques années, mais c'est chose du passé et il serait regrettable que tout cela soit exhumé. Jusqu'ici, le réacteur canado-indien a incontestablement facilité les relations plus amicales entre nos deux pays. Nous sommes très reconnaissants envers le Canada d'avoir ainsi contribué largement à notre programme atomique.

M. DRYSDALE: En somme, monsieur Gray, l'Inde a pris livraison du réacteur et elle en est satisfaite. Il n'y a pas eu d'autres plaintes?

M. GRAY: Aucune. Nous devons dans une certaine mesure, estimons-nous, continuer de voir à ce que le réacteur ne suscite aucun danger; nous avons en cela une certaine expérience puisqu'il y a un réacteur de même type à Chalk River. Notre comité local de la sécurité, à Chalk River, consacre beaucoup de temps à l'étude des modes d'utilisation du réacteur canado-indien et fournit des conseils à la Division indienne de l'énergie atomique. C'est sur cela que portait ma citation d'hier.

M. DRYSDALE: Vous vous occupez en quelque sorte de l'entretien.

M. GRAY: Nous jouons le rôle de guide ou de conseiller; nous avons des programmes conjoints. Il y a toujours des scientifiques et des ingénieurs indiens à Chalk River; de même, des scientifiques et des ingénieurs canadiens iront travailler à Trombay, croyons-nous, mais aucun n'est encore en poste là-bas.

Le PRÉSIDENT: Si j'ai bien compris, dans cette entreprise commune aux deux pays, le Canada et l'Inde ont engagé sept millions et demi de dollars. Ces chiffres ont-ils été modifiés par les derniers rajustements?

M. GRAY: Oui, le Canada a engagé en tout, je crois,  $9\frac{1}{2}$  millions. Ce chiffre ne doit pas être rapproché directement de celui de  $7\frac{1}{2}$  millions, car le projet a été amplifié pendant que les travaux étaient en cours. Nous avons fait la revue des estimations et certains autres frais ont été ajoutés à la somme de  $7\frac{1}{2}$  millions. Comme l'a dit M. Bleackley, ces  $7\frac{1}{2}$  millions n'étaient qu'une approximation à laquelle nous en étions arrivés après un après-midi de calculs. On a ajouté environ 12 p. 100 à cette estimation de  $7\frac{1}{2}$  millions et il nous a été assez difficile de déterminer le coût global. Nous ne savons pas ce que l'entreprise a coûté à l'Inde. Une partie de la lettre porte sur ce point et je vais vous communiquer d'autres chiffres. L'article dont parle M. Bleackley donne le chiffre de  $19\frac{1}{2}$  millions comme coût global de l'entreprise. C'est une estimation tout à fait nouvelle pour moi, comme aussi pour M. Bhabha, que j'ai interrogé à ce sujet. Cela ne représente certes pas le coût global du réacteur canado-indien d'après les données initiales. L'Inde avait déjà affecté 20 millions environ, en tout, à ce chantier mais d'après l'estimation que M. Bhabha avait communiquée au cabinet indien, le coût global du réacteur devait être d'environ 17 millions. Ce sont les seuls renseignements que je possède quant aux sommes engagées par l'Inde.

M. DRYSDALE: Participez-vous, ou participerez-vous prochainement, à d'autres entreprises d'énergie atomique en Inde?

Le PRÉSIDENT: Nous pourrions obtenir ce renseignement.

M. GRAY: C'est un domaine de grande activité.

Le PRÉSIDENT: Pas en Inde seulement, j'espère. Monsieur Gray, le Canada a-t-il dû rembourser l'Inde de quelque façon des travaux de construction?

M. GRAY: Il nous a fallu payer tous les frais supplémentaires pour le matériel et l'équipement fournis par le Canada et pour les travaux de construction qu'il a exécutés.

Le PRÉSIDENT: Le Canada a-t-il eu à payer un supplément, ou l'Inde a-t-elle insisté pour qu'il paie un supplément, à cause de vices de construction?

M. GRAY: Comme l'a dit M. Bleackley hier, il nous a fallu réparer à nos frais une plaque défectueuse.

M. BLEACKLEY: L'Inde ne l'a pas exigé mais nous avons payé les frais. Le gouvernement indien n'a pas demandé de remboursement; nous l'avons remboursé en quelque sorte de notre propre chef.

LE PRÉSIDENT: Monsieur Gray, combien de temps vous faudra-t-il, pensez-vous, pour obtenir le renseignement demandé par M. Drysdale à propos de l'inspection, c'est-à-dire de la garantie?

M. GRAY: Je l'aurai cet après-midi. Je vais communiquer par téléphone avec la *Shawinigan Engineering*.

M. AIKEN: Une question à propos du réacteur canado-indien. C'est un simple réacteur expérimental, si je comprends bien, comme le NRX à Chalk River?

M. GRAY: Il est à peu près identique au NRX. Ses tubes coaxiaux en font une pile d'essai techniquement mieux conçue que le NRX. Il marque un léger progrès sur le NRX.

M. AIKEN: A quoi sert-il là-bas? Aux mêmes travaux qu'ici, aux expériences en rayonnement, et ainsi de suite?

M. GRAY: L'Inde s'en servira pour des recherches de base en physique et en chimie, pour obtenir des neutrons ou faire des essais de génie. Leurs travaux ressemblent à ceux de Chalk River.

M. AIKEN: M. Bleackley a dit hier que le réacteur a été installé dans une région très peuplée. Était-ce vraiment nécessaire?

M. GRAY: C'est l'Inde qui a choisi l'emplacement; nous n'avons eu rien à y voir. L'endroit lui-même n'est pas peuplé, mais il se trouve à dix ou douze milles seulement de Bombay, ville de plusieurs millions d'habitants. L'emplacement est sur une presqu'île où il n'y a personne sauf le personnel des usines.

M. BLEACKLEY: Ce n'est pas tout à fait exact. La région située derrière la montagne est assez peuplée; elle compte plusieurs milliers d'habitants.

M. DRYSDALE: A quelle distance?

M. BLEACKLEY: A deux milles. Il y a aussi, dans les environs, un grand camp où sont logés des milliers de réfugiés.

LE PRÉSIDENT: Le réacteur a été aménagé à proximité d'une usine de produits chimiques, d'une raffinerie de pétrole et d'autres installations, n'est-ce pas, monsieur Bleackley?

M. BLEACKLEY: Oui.

M. AIKEN: En tout cas, la décision est venue de l'Inde, n'est-ce pas?

LE PRÉSIDENT: Les environs n'étaient guère habités quand j'y suis passé en 1957.

Il est un point, monsieur Gray, que vous pourriez tirer au clair pour notre information: savoir que le règlement avec l'Inde, pour cette entreprise du plan de Colombo, n'a donné lieu à aucune difficulté.

M. GRAY: A aucune difficulté.

M. NUGENT: Une déclaration de M. Bleackley doit être niée, réfutée ou expliquée: selon lui, M. Gray lui aurait dit au téléphone que s'il comparaisait devant notre comité, sa carrière au Canada était à jamais compromise.

M. BLEACKLEY: Ce n'est pas tout à fait ce que j'ai dit. M. Gray m'a informé que, si je témoignais devant votre comité, j'étais un homme «fini».

M. NUGENT: Dites-nous ce que vous en pensez, monsieur Gray, afin de dissiper toute mauvaise impression. Je ne voudrais pas que figure au compte rendu une accusation portant que vous avez tenté, par intimidation, d'empêcher un témoin de comparaître ici.

M. GRAY: Je n'ai aucunement cherché à intimider des témoins. De fait, depuis deux ou trois ans, je fais de mon mieux pour trouver un emploi convenable à M. Bleackley. J'ai écrit à plusieurs sociétés; j'ai demandé à

M. Bhabha s'il n'aurait pas du travail pour lui en Inde. M. Bleackley a communiqué avec moi et m'a parlé de choses et d'autres, notamment de sa comparution devant votre Comité. J'ai dit qu'à mon avis sa déposition n'avait guère avancé les choses et qu'à titre d'employeur d'ingénieurs, j'estimais que certaines des déclarations qu'il avait faites ne l'aideraient certainement pas à se trouver du travail. Je lui ai conseillé d'y penser sérieusement. Il constatera sans doute qu'en citant, dans son témoignage, diverses lettres et procès-verbaux qui ne lui appartiennent pas en réalité, il n'a pas aidé sa cause. J'ai voulu le conseiller en toute amitié mais apparemment je n'ai pas réussi.

M. BLEACKLEY: Je voudrais faire ici une mise au point. Je n'ai pas parlé à M. Gray de ma comparution devant votre Comité. J'étais venu rendre visite au bureau du haut commissaire à Ottawa et j'ai téléphoné à M. Gray. C'est lui qui m'a dit: «Un comité doit faire enquête sur notre affaire; vous pourrez sans doute y exposer votre thèse, si vous le voulez, mais je ne vous le conseillerais pas».

M. AIKEN: Cela revient à peu près au même; vous interprétez ces paroles différemment.

M. BLEACKLEY: Ce n'est pas tout à fait la même chose. Ce n'est pas moi qui ai abordé le sujet mais M. Gray. Cela change tout.

M. NUGENT: M. Gray avait-il raison, au fond, de vous dire que votre carrière serait compromise si vous vous présentiez au Comité?

M. BLEACKLEY: Je le pense, oui.

M. MCILRAITH: Pourquoi avez-vous communiqué avec M. Gray?

M. BLEACKLEY: Je parlais pour l'Inde.

M. MCILRAITH: Et pourquoi avez-vous appelé M. Gray?

M. BLEACKLEY: Parce qu'au moment où j'ai quitté l'Inde, il était possible qu'on m'offre un poste à la Division indienne de l'énergie atomique. La question avait été discutée mais on y avait renoncé, jugeant que ce serait blesser les susceptibilités de M. Gray que d'engager quelqu'un dont il avait exigé le départ. En communiquant avec M. Gray, je voulais m'assurer que si je cherchais par mes propres moyens, à obtenir un poste là-bas, sa société ne me mettrait pas de bois dans les roues.

M. MCILRAITH: Vous vouliez demander l'aide de M. Gray ou du moins supprimer les obstacles à votre engagement possible?

M. BLEACKLEY: Je voulais être sûr qu'on ne me susciterait pas de difficultés.

M. MCILRAITH: Pour ce qui est d'obtenir un emploi?

M. BLEACKLEY: Oui. Je tiens à ajouter que M. Gray a écrit à mon sujet à certains employeurs éventuels. C'est parfaitement vrai mais je n'ai pas l'impression que ces lettres étaient de nature à améliorer ma situation. On peut dire des lettres de M. Gray notamment de celle qu'il a écrite à la *B.C. Electric*, qu'elles renfermaient plus de reproches que d'éloges à mon endroit.

M. MCILRAITH: Lui aviez-vous demandé de les écrire?

M. BLEACKLEY: Non. Une fois, je lui ai écrit pour lui demander une lettre de recommandation. Il m'en a remis une qui n'était pas présentable. Il a écrit de lui-même à la *B.C. Electric*. Peut-être était-il animé de bonnes intentions, mais sa lettre n'était pas de celles que je présenterais à un employeur.

M. MCILRAITH: Comment savait-il que vous y recherchiez un emploi?

M. BLEACKLEY: Parce que j'ai eu de la difficulté à me trouver du travail à mon retour de l'Inde.

M. MCILRAITH: Lui avez-vous dit que vous présentiez une demande d'emploi à la *B.C. Electric*.

M. BLEACKLEY: Je lui ai écrit depuis pour lui dire que, puisqu'il avait contribué à mon congédiement, il pourrait peut-être m'aider à me trouver du travail.

M. NUGENT: J'ai soulevé ce point, monsieur le président, parce qu'à mon avis cette affirmation ne pouvait rester au compte rendu sans explication. J'ai pensé que ce point intéresserait certainement le Comité mais nous avons peut-être poussé un peu trop loin notre enquête sur les rapports entre M. Gray et le témoin.

Le PRÉSIDENT: Ces explications me paraissent suffisantes, si je puis dire.

M. AIKEN: Comme c'est moi qui ai suscité le plus d'obstacles à M. Bleackley, je tiens à lui dire, avant l'ajournement, que nous le remercions beaucoup d'être venu témoigner; il n'a pas à craindre de représailles pour s'être présenté devant un comité parlementaire. Si jamais le Comité apprenait que cela lui a nui, il serait tenu de faire enquête et d'agir en conséquence. Dans un cas comme celui qui nous occupe, nous tenons à connaître les faits et nous devons le remercier, je pense, d'être venu et de nous avoir dit ce qu'il sait. Si je lui ai mis parfois des bois dans les roues, c'était pour des motifs qui me paraissent évidents.

M. BLEACKLEY: Merci, monsieur Aiken; je n'ai pas l'impression, je tiens à le dire, que vous vous soyez acharné contre moi. Je voulais depuis longtemps que certaines choses fussent tirées au clair devant des arbitres compétents. Si nous avions pu en faire autant en Inde en 1958, la question ne se poserait pas. Je voudrais que plus de gens soient disposés à mener des enquêtes à la face du public plutôt que dans le secret.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, je dois dire, au nom du Comité, que M. Aiken a exprimé très éloquemment notre avis. A titre de président du Comité, je vous félicite d'être venu, monsieur Bleackley. Évidemment, vous le comprenez, il nous faut nous en tenir à certaines règles en matière de témoignages. Nous avons fait tout ce que nous avons pu pour vous aider et nous espérons que votre déposition ne nuira pas à votre carrière. Je le répète, vous méritez nos félicitations.

#### SÉANCE DE L'APRÈS-MIDI

JEUDI 1<sup>er</sup> juin 1961,  
deux heures et demie.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, nous sommes en nombre.

Nous avons parmi nous cet après-midi M. John Davis, directeur des recherches et de la planification à la *B.C. Electric Company*, Vancouver (C.-B.). M. Davis ne représente ici aucun organisme ni aucune société; il nous exposera ses propres vues.

Monsieur Davis, pouvez-vous nous dire un mot de vos études, de votre carrière et de vos titres.

M. John DAVIS: Je suis né et j'ai été élevé en Colombie-Britannique. Je suis ingénieur, diplômé de l'Université de la Colombie-Britannique; j'ai aussi des diplômes de l'Université McGill et de l'Université d'Oxford (Angleterre). Je me suis occupé de travaux de génie dans l'industrie chimique et dans l'aéronautique, et de travaux économiques pour divers services gouvernementaux. Depuis un certain temps, je suis à l'emploi de la *B.C. Electric*, sur le littoral de l'Ouest. J'ai occupé le poste d'économiste principal auprès de la Commission royale Gordon sur les perspectives économiques du Canada.

Le PRÉSIDENT: Êtes-vous docteur en philosophie?

M. DAVIS: Oui.

Le PRÉSIDENT: A-t-on des questions à poser avant que M. Davis donne lecture de son mémoire. Nous avons tous un exemplaire de ce mémoire, je crois. Veut-on que M. Davis en donne lecture avant d'être interrogé?

Assentiment.

M. DAVIS: Mon mémoire a pour titre «Le côté économique de l'énergie nucléaire au Canada».

Il y a une quinzaine d'années, le Canada a mis en marche un programme de développement de l'énergie atomique. On a jusqu'ici affecté des centaines de millions de dollars aux recherches dans ce domaine. Les progrès ont été lents; le monde industriel est maintenant d'avis qu'il faudra attendre 1970 ou plus tard avant que l'énergie produite par des centrales nucléaires puisse être offerte au Canada à des prix de concurrence. Dans ce contexte, le Comité spécial des recherches de la Chambre des communes ferait bien de scruter les lourdes dépenses que l'*Atomic Energy of Canada Limited* se propose d'engager.

Cette enquête doit se faire d'après des principes scientifiques. Autrement dit, le Comité doit s'inspirer des méthodes mises au point par les administrateurs industriels les plus compétents pour faire l'évaluation des programmes de recherches (Voir la bibliographie ci-jointe.) J'ai l'intention cet après-midi de me servir de ces mêmes outils. On peut se reporter à l'expérience d'autres industries et dresser une comparaison, à long terme, entre les frais et les bénéfices. Ce raisonnement nous mènera à certaines conclusions qui doivent être vérifiées par une analyse plus poussée mais qui, néanmoins, nous aident à concilier nos idées sur l'énergie nucléaire avec les besoins et les ressources de l'ensemble de la nation.

#### 1. L'ampleur du programme canadien d'énergie nucléaire

Nous pouvons commencer par comparer les dépenses courantes du Canada au chapitre des recherches nucléaires et les fonds engagés dans cette même activité par les autres secteurs principaux de l'économie. A titre de contribuable, les Canadiens affectent environ 40 millions par an aux recherches sur l'énergie nucléaire. Cette somme représente l'équivalent de la *totalité* des frais de recherches du gouvernement fédéral au chapitre de secteurs primaires ou d'industries d'exploitation des ressources comme l'agriculture, la forêt, les mines et la pêche, pris dans leur ensemble. Elle est comparable à la somme globale annuelle que l'entreprise particulière affecte au développement de nos industries secondaires de fabrication. Compte tenu même de la défense et d'autres domaines comme celui de la santé et du bien-être publics, l'énergie atomique compte encore pour le cinquième environ de la somme globale engagée par la nation dans les recherches de tous genres. Ce programme, messieurs, est de grande envergure. La recherche et le perfectionnement nucléaires sont en voie de devenir une grande industrie. Le fait qu'ils sont presque exclusivement financés par le gouvernement est une raison de plus pour que votre Comité étudie le programme, l'activité et le budget des organismes d'État engagés dans ce domaine.

Si cela peut vous intéresser, j'ai fait aussi certains calculs quant au coût par tête. Notre programme nucléaire canadien représente un paiement annuel moyen de \$6 pour chaque employé canadien salarié. Avec cet argent, le gouvernement pourrait payer, pour deux mois chaque année, le compte d'électricité de toutes les familles domiciliées au Canada. J'ai fait un calcul en payant mon passage pour Ottawa. D'ici dix ans, si le programme reste du même ordre, il me coûtera en impôt le prix d'un voyage Ottawa-Vancouver, aller et retour, par avion. De toute évidence, nous sommes tous directement intéressés au succès de ce programme. Il ne suffit pas que ses objectifs soient clairement déterminés; il faut de plus que leur réalisation comporte de réels avantages pour la plupart sinon pour tous les consommateurs canadiens d'électricité.

## 2. Concentration industrielle du programme canadien d'énergie nucléaire

On a souvent l'impression que nous avons à faire ici à un secteur de l'industrie canadienne de production d'énergie. Il n'en est rien. Nous nous préocupons simplement de mettre au point des réacteurs nucléaires afin de pouvoir en fabriquer au Canada. Autrement dit, nous cherchons à renforcer, au sein de notre économie le secteur de la mise au point, de la fabrication et de l'assemblage d'appareils électriques lourds, de chaudières, d'échangeurs thermiques, et ainsi de suite. Des noms comme General Electric, Westinghouse et Badcock Wilcox sont bien connus. Le succès de notre programme nucléaire augmenterait sensiblement le chiffre d'affaires de ces sociétés. D'autre part, les producteurs d'énergie ne peuvent guère y gagner si les fournisseurs d'autres pays peuvent rivaliser avec les fabricants canadiens en matière de prix—avec ou même sans protection douanière.

Après avoir analysé le programme d'investissements de nos sociétés et commissions canadiennes de production d'énergie, j'estime que, même à l'heure actuelle, elles affectent moins de 100 millions par an à la machinerie et à l'équipement de production d'énergie. Au regard des possibilités de vente d'appareils de commande, de chaudières, de tuyauterie, d'échangeurs thermiques, de pompes, de turbines et de génératrices, notre programme nucléaire de 40 millions paraît exagéré. Aucune autre industrie que je sache n'affecte à la recherche entre le tiers et la moitié de la valeur brute de ses ventes. Même pour les sociétés américaines de produits électroniques et chimiques, pourtant très progressistes, le chiffre n'est que 5 p. 100. La moyenne industrielle aux États-Unis et au Royaume-Uni se rapproche davantage de 2 p. 100 tandis qu'au Canada elle ne représente que la proportion infime d'un demi pour cent. De toute évidence, le Canada, en tant que nation, affecte beaucoup trop d'argent à la recherche sur les réacteurs nucléaires. Pendant combien de temps pourrions-nous soutenir cet effort sans qu'il nous procure d'avantages réels sur les fabricants étrangers ni même sur les autres sources canadiennes d'énergie?

Résumons les conclusions des quelques pages qui suivent. Il est manifeste pour le Canadien de l'Ouest, du Québec ou de certaines parties des provinces Maritimes que nous possédons d'énormes sources d'énergie qui jouent, certes, un rôle capital dans ces régions. D'autre part, dans le sud de l'Ontario en particulier, les ressources hydro-électriques disponibles étant à peu près épuisées, il faut se tourner de plus en plus vers les combustibles importés de l'Ouest et de la Nouvelle-Écosse et vers l'énergie électrique obtenue des États-Unis.

Évidemment, dans l'Ouest, notre économie dépend dans une large mesure de la production, de la transformation et de l'exportation de ressources naturelles; ces dernières années, la recherche en vue de la production et de l'exportation de combustibles et d'autres formes d'énergie a représenté une des principales promesses de prospérité future mais nous ne sommes pas trop désireux de rechercher d'autres moyens d'obtenir de l'énergie s'ils doivent nous priver d'environ la moitié de cette clientèle. Dans l'Ouest, dans le Québec, à Terre-Neuve et au Labrador, notre intérêt veut que nous ne nous engagions pas trop directement dans la voie de la recherche et du perfectionnement nucléaires.

J'ai mentionné certains barèmes de frais qui ont cours dans l'Ouest; on conviendra généralement, je pense que ce n'est pas avant dix ans, ni peut-être avant vingt ou trente ans, que l'énergie nucléaire parviendra à atteindre ces niveaux là-bas.

Je voudrais faire une observation avant de terminer mes remarques là-dessus. Il est possible que nous puissions profiter d'une réduction marginale du coût de production de l'énergie, d'ici, mettons, la fin des années 70 mais il est encore plus probable, si l'énergie nucléaire peut livrer une concurrence très active, que nous perdrons des industries qui se portent habituellement vers les

régions riches en énergie. L'aluminium en est un exemple, mais les produits de beaucoup d'autres ressources sont dans le même cas.

Il n'est même pas nécessaire que le coût de l'énergie nucléaire baisse aux niveaux que nous pouvons atteindre dans d'autres parties du Canada. Il suffit qu'il baisse appréciablement et des pays comme le Royaume-Uni, l'Allemagne de l'Ouest, le Japon, de même que diverses régions des États-Unis et peut-être aussi le sud de l'Ontario—parce que l'écart de prix pour l'énergie n'est plus aussi prononcé—pourront attirer de nouvelles industries qui, ainsi, nous échapperont. Par conséquent, notre bilan dépend de la tournure des événements dans le Canada central et en particulier dans le centre de l'Ontario.

J'ai critiqué très vertement l'affectation de millions de dollars par an à des programmes d'investissement; j'ai mentionné le nombre des emplois en cause. Prenant comme point de départ les estimations de la Commission Gordon...

Le PRÉSIDENT: M. Davis n'a pas terminé son mémoire. Convient-on que son exposé soit inséré au compte rendu?

M. BEST: Je voudrais qu'il nous en lise un peu plus long.

Le PRÉSIDENT: Je suis aussi de cet avis. Voulez-vous reprendre votre lecture. Vous étiez à résumer ce que vous avez dit jusqu'ici et je crois qu'il vous reste des choses importantes à dire.

M. BEST: Du moins, nous aurons un peu plus de temps pour préparer nos questions.

M. DAVIS:

### 3. Répercussions régionales du programme canadien d'énergie nucléaire

On parle souvent du Canada comme d'une agglomération de régions liées par des lois, des institutions et des buts politiques communs plutôt que par des intérêts économiques. Personne n'a jamais pu démontrer que les intérêts commerciaux d'une partie du pays étaient les mêmes que ceux de la région voisine. Ainsi, certaines régions, le sud de l'Ontario notamment, manquent déjà de ressources énergétiques. D'autres pourtant, y compris l'immense moitié du territoire canadien situé à l'ouest de Winnipeg, recherchent de nouveaux débouchés afin de pouvoir exploiter ses richesses naturelles. Ceux qui habitent le Canada central sont souvent favorables à une élévation des droits douaniers pour la protection des industries secondaires. Dans l'Ouest, nous réclamons souvent une plus grande liberté commerciale afin d'obtenir notre machinerie et notre outillage à des prix plus bas.\*

Nous ne pouvons donc que rarement convenir que ce qui fait le bien d'une industrie fait aussi le bien de l'ensemble du pays. La mise au point et la fabrication de réacteurs nucléaires ne font pas exception à cette règle.

De toute évidence, le succès soutenu de l'usine thermique classique met directement en jeu les intérêts des régions canadiennes riches en houille, en pétrole et en gaz naturel. On ne saurait non plus reprocher à ceux qui habitent des régions riches en énergie hydraulique de souhaiter que ces ressources soient un jour ou l'autre mises en valeur. Nous nous réjouissons naturellement à l'idée que les savants nucléaires ont mis fin aux craintes de l'homme quant à l'épuisement éventuel des sources d'énergie. Cependant, tant que nous resterons les fiers possesseurs de trillions de pieds cubes de gaz naturel, de milliards de tonnes de houille et de millions de kilowatts d'énergie électrique, les problèmes des autres nous intéresseront directement.

Gardez-vous, monsieur le président, de résoudre trop rapidement tous les problèmes énergétiques du monde! Nous, de l'Ouest, comme les malheureux

\*Machinerie et équipement électriques: Tarif préférentiel britannique, 15 p. 100; tarif de la nation la plus favorisée, 22.5 p. 100; autres pays, 30 à 37.5 p. 100.

aborigènes des pays sous-développés, aimons croire qu'il nous reste encore quelques bonnes années avant le millénium.

M. BEST: Vous permettez qu'on ne vous prenne pas trop au sérieux, n'est-ce pas, monsieur Davis?

M. DAVIS: Mais oui.

M. BEST: Vous ne faites certes pas pitié là-bas.

M. DAVIS: Un des buts du Conseil de productivité, je crois, c'est d'accroître la productivité de la nation; on veut sans doute accroître encore davantage la productivité de l'Ouest, ce qui contribuerait à augmenter celle du reste du pays.

Demandons-nous ce que l'Ouest peut offrir. Nous savons déjà que ses ressources hydro-électriques exploitables représentent plus de 40 millions de kilowatts, dont plus de la moitié peuvent être mises en valeur et livrées à nos principaux centres de charge pour moins de cinq millièmes par kilowatt-heure. Ces ressources à elles seules peuvent répondre aux besoins combinés de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, de la Saskatchewan et des régions du Nord pendant un quart de siècle. Pourtant, les usines classiques de production d'énergie par la vapeur peuvent encore fournir des dizaines de millions de kilowatts, la plupart du temps au prix de 3 à 5 millièmes. Nous n'avons donc pas à craindre de pénuries. Il s'agit simplement de faire un choix judicieux entre diverses sources possibles. Or, c'est un choix difficile car, ayant de l'énergie à revendre, il nous faut renoncer à certaines entreprises qui, ailleurs, seraient extrêmement attrayantes.

Beaucoup d'installations hydro-électriques pourraient être aménagées dans l'Ouest pour \$300 ou moins par kilowatt. D'autre part, la plupart des installations alimentées au gaz, au pétrole ou à la houille coûteraient de \$100 à \$150 par kilowatt de capacité. Ces combustibles minéraux pourraient être livrés aux usines de production pour un ou deux millièmes par kilowatt-heure. C'est là, par conséquent, que peut se livrer la concurrence la plus vive pour l'énergie nucléaire. Ce n'est que si le coût actuel de construction des réacteurs peut être réduit de moitié et le coût des combustibles nucléaires abaissé, mettons à un millième par kilowatt-heure, que l'atome pourra vraisemblablement répondre à une part appréciable des besoins d'électricité à l'ouest des Grands lacs.

Certaines de ces considérations s'appliquent à Québec et à Terre-Neuve. Pendant plusieurs décennies encore, ces provinces pourront satisfaire elles-mêmes à leurs besoins d'énergie hydro-électrique. La Nouvelle-Écosse pourrait utiliser davantage ses propres ressources de houille et les autres provinces Maritimes peuvent importer de l'huile combustible à un prix relativement bas. Ces possibilités, de même que le maintien des installations diesel et des petites centrales hydro-électriques dans l'Extrême-Nord, empêcheront en quelque sorte l'application commerciale de l'énergie nucléaire dans les régions éloignées du Canada avant 1980.

Certains supposent que l'énergie nucléaire sera disponible au coût de 6 millièmes environ par kilowatt-heure dès 1965. M. W. B. Lewis, de l'*Atomic Energy of Canada Limited*, a aussi prédit que nos réacteurs, alimentés à l'uranium naturel et ralentis à l'eau lourde pourront peut-être produire de l'électricité au coût très bas de 5 millièmes par kilowatt-heure en 1970. Si ces prédictions se réalisent, le sud de l'Ontario ne s'en portera que mieux, comme aussi beaucoup de régions américaines où le coût du combustible est plutôt élevé. Les pays plus industrialisés—Royaume-Uni, France, Allemagne de l'Ouest et le Japon—seront ceux qui en profiteront le plus. Bien d'autres parties du monde ressentiront les effets d'un abaissement sensible du coût de l'atome; pour ceux qui habitent les Prairies et le littoral de l'ouest, les comptes d'électricité seront peut-être abaissés de quelques sous par mois.

Notre bilan, cependant, est différent. Pour un actif assez faible, le passif peut atteindre des proportions démesurées. A titre de consommateurs, nous

épargnerons peut-être quelques milliers de dollars par an. Mais comment gagnerons-nous notre vie? Les industries qui consomment beaucoup d'électricité, celle de l'aluminium par exemple, s'installeront moins nombreuses dans l'est, le nord et l'ouest du Canada. Il ne sera pas question de vendre de l'énergie à l'étranger et le contenu de main-d'œuvre locale, pour les réacteurs nucléaires que nous importerons du Canada central ou d'outre-mer, sera en quelque sorte insignifiant. D'autres auront pris nos places et beaucoup de biens matériels que nous rangeons aujourd'hui parmi les ressources ne seront plus, demain, qu'une partie du paysage ou qu'un phénomène géologique.

Si, par suite de découvertes inattendues, le coût de l'énergie nucléaire baisse abruptement, nous ne verrons plus les mêmes avantages à transformer nos ressources minérales à la mine même ou à proximité. L'idée qu'avait l'industrie énergétique d'un gigantesque réseau transcanadien en sera aussi complètement anéantie. Pourquoi nous donner tant de peine pour mettre en valeur des emplacements hydro-électriques relativement éloignés quand on peut aménager des réacteurs beaucoup plus près des principaux centres démographiques et industriels? Pourquoi construire de très grandes centrales à vapeur près des houillères de la Nouvelle-Écosse ou dans l'Ouest? Notre intérêt se portera plutôt vers les marchés. C'est à ces endroits, là où la demande d'électricité est considérable et relativement prévisible, qu'on installera les nouvelles génératrices. Comme nous ne nous occupons ni de la mise au point ni de la fabrication de réacteurs et d'autres appareils électriques, nous ne participerons que bien peu à cette activité nouvelle.

Voilà un tableau peu rassurant pour nous, «autres Canadiens». Quelques estimations sur les sommes affectées à la construction, sur le rendement et sur l'embauche, en feront ressortir encore davantage les caractéristiques. Si l'énergie nucléaire devenait relativement peu coûteuse vers 1970, la demande de produits de nos ressources naturelles fléchirait à partir de ce moment-là. On aménagerait moins d'usines électro-métallurgiques et électro-chimiques, moins de centrales hydro-électriques classiques, alimentées au combustible, pour répondre à ces nouvelles demandes nationales et étrangères. Moins de Canadiens seraient employés sur place à la construction et à l'administration de ces entreprises. Moins nombreux aussi les avantages connexes, aux chapitres de l'enrayement des inondations, de la navigation de l'irrigation et de la récréation, pour ceux d'entre nous qui continueraient de vivre sur ce sol béni.

En 1980, l'abaissement de notre revenu pourrait s'établir à plusieurs centaines de millions de dollars par an. Des milliers d'emplois seraient perdus. Vous vous demandez sans doute où j'ai pris ces chiffres. J'ai analysé les estimations dressées il y a quelques années par la Commission royale d'enquête sur les perspectives économiques du Canada. J'ai noté qu'on insistait alors—on insiste encore aujourd'hui—sur le rôle que doivent jouer les nouvelles industries consommatrices d'énergie sur la mise en valeur du Québec septentrional, du Labrador et de l'Ouest canadien. La plus faible réduction de ces besoins pourrait avoir des répercussions dramatiques sur la demande d'énergie et sur l'activité qui la précède dans le domaine de la construction. Mes calculs approximatifs, résumés au tableau n° 1, indiquent qu'on ne peut toucher à ce vaste et important secteur de l'économie canadienne sans modifier en même temps sensiblement le tableau général économique.

Peut-être ne faut-il pas nous alarmer de ces pertes prévues. En somme, l'énergie nucléaire ne sera pas tellement bon marché. La route que doit parcourir l'atome est hérissée de nombreux obstacles. Fini l'optimiste béat du début des années 50! Peu d'entre nous se rappellent les basses estimations données, encore en 1955 et 1956, par les savants et ingénieurs nucléaires. Nous écoutons plutôt maintenant ceux qui ont la tâche difficile de dresser les plans de centrales nucléaires et de les aménager à l'échelle commerciale. Que nous disent-ils aujourd'hui?

TABLEAU 1

RÉDUCTION ANNUELLE DU REVENU ET DE L'EMBAUCHE PAR LA DISPARITION D'INDUSTRIES  
CONSOUMMATRICES D'ÉNERGIE

(millions de dollars)

| Suppositions                                      | Investis-<br>sements<br>annuels<br>en 1980* | Valeur<br>annuelle de<br>la production<br>en 1980 | Personnes<br>directement<br>employées<br>en 1980 |
|---|---|---|--|
| 1. Pas de concurrence de l'énergie nucléaire..... | 1,600                                       | 1,300   | 100,000  |
| 2. Énergie nucléaire à prix vraiment bas en 1970  | 1,200                                       | 800   | 80,000   |
| Perte pour «le reste du Canada».....              | 400   | 500   | 30,000   |

\* Pour la production, la transmission, les nouvelles usines et le nouvel équipement dans des industries électro-métallurgiques et électro-chimiques choisis.

Les Britanniques estiment que l'énergie nucléaire ne pourra faire concurrence à l'électricité obtenue à prix relativement élevé de leurs centrales alimentées à la houille que vers la fin des années 60 ou le début des années 70. D'autres pays européens ont rogné sur leurs programmes et nous entendons moins parler des progrès réalisés en U.R.S.S. Plus près de nous, aux États-Unis, on est de plus en plus convaincu que l'ère de l'atome n'est plus aussi imminente ni aussi universelle que la plupart d'entre nous l'avions cru. Le rythme des progrès a été irrégulier et, comme nous l'enseigne l'expérience acquise au Canada, le but envisagé, c'est-à-dire la réduction des frais, passe invariablement d'un programme au suivant.

Pourtant, pour certaines raisons, certaines parties du monde auront peut-être recours à l'énergie nucléaire malgré son coût relativement élevé. Plutôt que d'importer pour la totalité de leurs besoins, quelques pays préféreront peut-être produire la plus grande partie de leur électricité à partir de l'uranium ou du thorium. Des considérations de défense ont influé sur les décisions du Royaume-Uni. On invoque souvent la balance des paiements. Le Japon, de son côté, hésite à compter trop exclusivement sur le pétrole importé du Moyen-Orient par bateau-citerne. Certains d'entre vous, qui habitent l'Ontario, s'inquiètent d'une trop grande dépendance de la houille américaine à prix moyen. Queen's Park voudrait sans doute trouver ici un marché pour une partie de l'uranium extraite dans la province même. De même, tant mieux si le Canada central peut mettre au point et fabriquer son propre outillage de centrale nucléaire. On est tenté de tout faire soi-même, surtout quand les emplois sont rares et que les industries secondaires de la nation ont de la difficulté à soutenir la concurrence sur les marchés du monde.

Peut-être devons-nous envisager un monde où les «riches» et les «deshérités» devront vivre côte à côte. Il se peut que l'Ouest continue d'exploiter ses ressources énergétiques relativement peu coûteuses. Pendant ce temps, le coût de l'énergie pourra augmenter pour les consommateurs du Canada central. Espérons, cependant, qu'il restera des occasions d'échanges. Quant à nous, nous continuerons d'acheter des chaudières, des turbines, des génératrices et des transformateurs d'Hamilton, de Peterborough et de Montréal. De votre côté, vous pourrez acheter certains des produits de nos industries consommatrices d'énergie. Nous ne savons trop, cependant, ce que vous serez disposés à accepter de nous.

L'uranium enrichi est une des possibilités qui me vient à l'esprit. L'eau lourde en est une autre. Dans le premier cas, il faut beaucoup d'électricité à

bon marché; l'eau lourde, d'autre part, peut-être produite à proximité d'une source peu coûteuse de gaz naturel. Il est certes logique d'établir ces industries, qui ont de grands besoins d'énergie, dans d'autres parties du pays où les approvisionnements sont assurés et où la distance, exprimée en frais de transport, ne représentera pas vraisemblablement un trop gros obstacle. Nous nous spécialiserons dans des domaines où nous serons réellement avantagés. Vous en ferez autant.

Si certains échanges de produits finis et de produits provenant d'industries consommatrices d'énergie étaient envisagés, je paierais volontiers des impôts pour la production de cette énergie nucléaire. Il nous faut payer ces millions de dollars chaque année, que nous le voulions ou non. Pourtant, c'est dans une large mesure le sud de l'Ontario qui, peut-être, en récoltera les avantages. Le Manitoba, qui possède un établissement de recherches nucléaires, pourrait aussi y gagner, mais je ne vois pas comment le reste du Canada (y compris une grande partie du Québec, les provinces Maritimes et Terre-Neuve) pourrait profiter beaucoup de notre programme actuel de mise au point de réacteurs nucléaires.

Je pourrais ajouter ici que cet exposé, dans ses grandes lignes, représente l'avis d'un récent jury qui a siégé à la première conférence annuelle de l'Association nucléaire canadienne, le 17 mai, à Toronto, et où le représentant de l'Ontario a été le seul à prévoir un usage immédiat de l'énergie nucléaire dans sa province.

#### 4. Quelques problèmes d'exploitation et de comptabilité

L'aménagement d'usines nucléaires coûte, et continuera de coûter, assez cher. Dans la langue de l'économiste, c'est une entreprise qui «mange des capitaux». On ne peut pas non plus fermer et ouvrir à volonté ces centrales. Pour ces raisons, on les limitera probablement aux opérations continues dites «de base». De vastes réseaux bien intégrés peuvent utiliser l'énergie provenant de cette source, mais les réseaux plus petits, dont la charge est très variable, ne pourront peut-être pas, avant de longues années, être alimentés par ces installations nucléaires relativement coûteuses et à débit constant.

Vous avez entendu parler de l'usine de Douglas Point; une seule installation y produit 200,000 kilowatts. L'Hydro ontarienne est peut-être en ce moment la seule entreprise au Canada à laquelle une installation de cette envergure puisse convenir. D'ici dix ans peut-être, une centrale unique d'une capacité de 200,000 kilowatts pourrait convenir à l'Hydro ontarienne et à un ou deux autres services d'utilité publique. Pour les centrales d'une capacité de 300,000 ou 400,000 kilowatts, chiffres qu'on a proposés pour une exploitation économique, seul un nombre limité de services pourraient, au Canada, recourir aux centrales nucléaires, au coût prévu par l'*Atomic Energy of Canada Limited*.

Compte tenu de l'ordre de grandeur et à cause du coût élevé par kilowatt de capacité\*, il est peu probable que l'énergie atomique puisse répondre à plus de la moitié des besoins d'énergie d'une région donnée.

Son apport peut être nul. Pour un service canadien représentatif, il pourrait être de 40 p. 100. Cependant, affirmer que les centrales nucléaires pourront un jour ou l'autre répondre à une large part de nos besoins futurs, c'est faire fi des principes élémentaires d'une saine planification.

Dans le même ordre d'idées, la question du financement se pose. Il est clair que, si les taux d'intérêt sont bas et si les investissements ne sont pas assujétis à l'impôt sur le revenu, les charges annuelles seront moins onéreuses que dans des circonstances différentes, où l'argent coûterait plus cher et où

\* On estime le coût des centrales nucléaires entre \$200 et \$400 par kilowatt de capacité. L'aménagement de centrales ordinaires alimentées au combustible coûtent entre \$110 et \$150 par kilowatt au Canada. (Voir page 28)

Le financement privé serait la règle. Autrement dit, le choix entre une centrale nucléaire et une usine classique alimentée au combustible peut se faire sur un plan différent, la comptabilité et les modalités fiscales y comptant pour beaucoup. Prenons la centrale de Douglas Point comme norme de comparaison. Le tableau ci-dessous indique comment elle est envisagée par l'*Atomic Energy of Canada*, comment l'envisagerait une commission d'énergie, publique et représentative, et à quel prix revient la production, d'après les normes de financement au moyen de capitaux privés.

M. BEST: Pourriez-vous commenter ce tableau?

M. DAVIS: Notez bien que la seule rubrique qui varie, dans mes calculs, est celle du «compte de capital». Les immobilisations sont les mêmes pour les immeubles, la machinerie et l'équipement, mais les taux d'intérêt et les modalités fiscales sont différentes. Pour le financement public, le taux d'intérêt est plus bas. Évidemment, le financement privé est assujéti à l'impôt sur le revenu. J'ai inclus de part et d'autre dans mes calculs divers éléments de frais auxquels une commission ou société qui établit des tarifs ne peut échapper; rendement de la centrale par rapport au fonds de roulement, taxes foncières, réserve pour frais imprévus, et ainsi de suite. Pour la dépréciation, cependant, j'ai établi une sorte de caisse d'amortissement. Si j'avais tenu compte purement et simplement de la dépréciation, cet élément de frais aurait augmenté d'un ou de deux pour cent. Vous constaterez cependant qu'il existe une différence appréciable entre le chiffre de 6 millièmes obtenu, d'après une série de calculs, par l'A.E.C.L., et celui qu'on obtient, d'après les mêmes normes, pour un service d'utilité publique comme l'Hydro manitobaine ou la Commission d'énergie de la Colombie-Britannique (colonne du milieu), et le chiffre encore plus élevé pour le financement particulier, l'écart étant attribuable principalement à l'impôt sur le revenu.

L'*Atomic Energy of Canada Limited* impute au compte de capital une charge annuelle globale de 6.4 p. 100, ce qui contribue à embellir sensiblement le tableau.

Je rappelle ici que le gouvernement fédéral, pour l'entreprise du Columbia, dont les barrages dureront une cinquantaine d'années au moins, fixe le taux à 7 p. 100; je ne vois donc pas comment, pour une centrale comportant beaucoup d'aléas et qui n'est pas encore totalement mise au point, on peut prévoir une charge inférieure à celle que prévoit le gouvernement fédéral pour une simple centrale de béton.

TABLEAU 2

Coût MOYEN PERMANENT DE L'ÉNERGIE, CENTRALE DE DOUGLAS POINT  
(En mill. par kilowatt, facteur de charge de 80 p. 100)

| Catégorie                        | A.E.C.L. | Financement<br>d'État | Financement<br>privé |
|----------------------------------|----------|-----------------------|----------------------|
| Compte de capital.....           | 3.9      | 5.5                   | 7.3                  |
| Coût du combustible.....         | 1.1      | 1.1                   | 1.1                  |
| Autres frais d'exploitation..... | 1.0      | 1.0                   | 1.0                  |
| TOTAL.....                       | 6.0      | 7.6                   | 9.4                  |

L'Hydro de la Colombie-Britannique, commission publique, a établi un taux de 7½ p. 100 pour ses barrages et ses génératrices; la *B.C. Electric*, société privée assujéti à l'impôt sur le revenu, a dû porter cette charge à plus de 11 p. 100.

Les sociétés de la Couronne, qui paient des intérêts de 5½ p. 100 sur les obligations, devraient, cependant, fixer ce taux à 8.8 p. 100 environ. Des sociétés comme l'*Aluminum Company of Canada*, la *Shawinigan Water and Power Company*, la *Calgary Power* ou la *B.C. Electric*, qui acquittent l'impôt sur le revenu, doivent se montrer encore plus prudentes à l'égard d'entreprises où les capitaux jouent le principal rôle. Les impôts fédéraux, provinciaux et municipaux les obligent à prévoir une charge annuelle d'au moins 12 p. 100. Elles ont tendance, par conséquent, à différer l'emploi d'énergie nucléaire ou, en mettant les choses au pis, à acheter des usines atomiques alimentées au combustible enrichi, parce qu'elles coûtent moins cher par kilowatt de capacité et que les impôts sont par conséquent moins onéreux.

Autrement dit, l'énergie nucléaire, en particulier l'usine nucléaire qu'on est en voie de mettre au point au Canada et qui s'alimente à l'uranium naturel, se prête mieux au financement public qu'au financement privé. A peu près la moitié de l'électricité produite au Canada en ce moment provient de sociétés qui paient des impôts. Voici donc un autre «marché» qui n'est pas nécessairement ouvert à l'énergie nucléaire. Il est incontestable que des recherches nucléaires comme celles que parraine l'*Atomic Energy of Canada Limited* ne sauraient répondre à toutes les questions que doivent se poser les sociétés privées, sur le plan financier, avant de passer pour de bon à l'énergie nucléaire.\*

##### 5. Coût et avantages possibles de l'énergie nucléaire

Lorsque l'énergie nucléaire pourra rivaliser avec ses concurrents, elle permettra certaines économies et offrira certains avantages par rapport aux autres moyens de production. Les économies doivent être évaluées sur le plan régional, compte tenu, évidemment, des changements technologiques survenus dans d'autres domaines. Dans chaque région, on aboutira éventuellement à un carrefour, au delà duquel des économies seront possibles. On peut les considérer comme une série d'avantages qui se concrétiseront de plus en plus chaque année à mesure que la demande augmentera et que les frais de construction et d'exploitation baisseront par rapport aux frais correspondants pour les autres ressources.

Afin de déterminer si ces économies en valent la peine, il faut les comparer aux fonds que nous affectons en permanence aux recherches et au perfectionnement. Nous sommes à comparer deux séries d'estimations en quelque sorte. D'un côté, les frais, qui sont d'intérêt plus immédiats; de l'autre, les avantages dont on profitera pendant des années, à partir de 1970, mettons. Leurs répercussions, à différents moments, peuvent être déterminées en ramenant les deux séries à leur «valeur actuelle». Cette méthode de l'escompte est bien connue des comptables. En somme, elle consiste à mettre la valeur plus élevée que nous attribuons tous aux coûts actuels en regard des économies futures.

De toute évidence, pour qu'un programme soit rentable, la valeur actuelle de tous les avantages prévisibles doit dépasser le coût actuel d'un programme permanent de recherches. Si l'on est absolument sûr du succès, le rapport entre les avantages et les frais peut n'être que légèrement au-dessus du point d'équilibre entre les deux. D'autre part, si les risques sont réels, le rapport pourrait être de 10, de 20 ou même de 100 à 1. Tout dépend de la proximité, dans le temps, de votre objectif. Si vous pouvez l'atteindre en six mois ou un an après la fin du programme de mise au point, un rapport aussi bas que 2 ou 3 contre 1 peut être toléré. Mais si vous en êtes encore à l'étape des recherches et s'il vous faut attendre 5 ou 10 ans avant de pouvoir offrir un produit vraiment commercial, un rapport de 10 ou 20 contre un est plus approprié. Étant donné les complexités de notre programme atomique et les quelques

\* Les cyniques pourraient dire que l'industrie nucléaire doit son existence au Canada aux fonds publics. Comme elle absorbe plus de capitaux, cependant, les impôts sont plus onéreux pour elle que pour les industries qui s'alimentent aux sources habituelles.

accrocs déjà constatés un rapport de moins de 5 à 1, dans les circonstances actuelles, ne serait pas logique.

Après vous avoir donné ce bref aperçu des éléments d'une analyse sur le rapport coût-avantages, je vous engage à regarder de plus près les chiffres. J'ai ajouté quelques feuilles de notes à mon mémoire. En voici les conclusions:

- a) Si notre programme de recherches et de mise au point est maintenu à son niveau actuel par rapport à notre produit national brut, c'est-à-dire s'il augmente au rythme d'environ 5. p. 100 par an, il faudra que l'énergie nucléaire puisse soutenir la concurrence dans la plupart, sinon dans toutes les régions du Canada en 1970 et qu'on prévoie des économies de l'ordre d'un millième pour 1975, de deux millièmes pour 1980 et de trois millièmes pour 1990. S'il est impossible de le prévoir avec assez de certitude, c'est que le programme va trop loin. Il faut le réduire en proportion des risques;
- b) Si les installations nucléaires en voie d'aménagement au Canada ne doivent être utilisées que comme centrales de base, on en retirera moins d'avantages et le niveau tolérable de frais devra être abaissé en conséquence; et
- c) Si certaines régions et industries ne peuvent utiliser l'énergie nucléaire à cause de l'insuffisance du marché ou pour des raisons financières, le programme actuel devra nécessairement être réduit encore davantage.

Il sera peut-être possible d'acheter des réacteurs ailleurs. Si cela se pratiquait sur une assez grande échelle, la valeur actuelle de notre programme en serait réduite d'autant.

D'après mes propres calculs, le rapport avantages-coût ne dépasse certainement pas 3 à 1. La réserve touchant l'énergie de base abaisse cette proportion à 1.5 contre 1 et la possibilité que l'énergie nucléaire soit incapable de soutenir la concurrence dans certaines industries (l'aluminium, par exemple) ou dans des régions riches en combustible et en ressources hydrauliques la fait descendre à zéro.

L'épreuve par excellence, à mon avis, consiste à se demander ce que nous coûteraient ces recherches si elles étaient faites ailleurs. Il nous faut alors comparer, toujours d'après la valeur actuelle, une série d'économies commençant, mettons, en 1970, au paiement d'une série de redevances à partir de la même date environ. Le rapport économies-redevances donne, d'après mes calculs, un chiffre non pas de trois mais d'à peu près douze pour un. La conclusion logique, évidemment, c'est que, si nous attendons les événements, le prix que nous aurons à payer représentera le quart environ de ce que nous coûte un programme d'avant-garde où il nous faut assumer tous les risques d'échec.

Devant un problème comme celui-là, la plupart des sociétés commerciales auraient pris une décision il y a plusieurs années déjà. Peut-être auraient-elles donné à leur service de recherches et de mise au point un délai de cinq ans pour produire des résultats tangibles. Mais la haute direction se serait agitée, posant de plus en plus de questions. Par la suite, le programme aurait été modifié, réduit même. On aurait certes exploré d'autres possibilités. A la fin d'un programme de dix ans, toute une gamme de solutions de rechange aurait été envisagée, depuis des entreprises d'exécution immédiate à rendement à peu près assuré jusqu'à des projets, aléatoires sans doute, mais offrant la

possibilité de récolter des avantages représentant plusieurs fois les capitaux engagés. Permettez-moi de vous donner deux exemples:

1. Dans la catégorie des entreprises à peu près sûres ou sans risques: Au lieu d'affecter de 300 à 400 millions à la recherche nucléaire d'ici dix ans, les Canadiens pourraient aménager un pipeline de gaz naturel de fort diamètre, de l'Alberta vers l'Est, qui alimenterait la production de non moins de 6 millions de kilowatts (à peu près la capacité actuelle de production de l'Hydro ontarienne) et permettrait d'épargner, sur les frais d'exploitation et d'immobilisation, l'équivalent de 2 à 3 millièmes par kilowatt-heure.
2. Malgré les possibilités d'un échec, les Canadiens pourraient affecter quelques millions de dollars par an à une ligne de transmission de courant direct à très haut voltage. La distance est encore un de nos grands problèmes à l'échelle nationale. En réduisant le coût du transport de l'énergie d'une source ou d'un marché à un autre, nous pourrions réaliser d'importantes économies. Un progrès marqué sur ce front pourrait faciliter l'aménagement d'un réseau énergétique national qui permettrait des économies annuelles comparables aux sommes que nous engageons annuellement pour notre programme de recherches et de mise au point nucléaires.

Un programme de recherches et de perfectionnement, scientifiquement préparé et exécuté, nous aiderait à lancer de nouvelles industries et à abaisser nos frais. S'il était de l'ordre de plusieurs millions de dollars, il ne pourrait manquer de rapporter à la nation des résultats immédiats et tangibles.

## 6. Conclusions

Le Canada est embarqué dans un programme de recherche qui, peut-être ne rapportera d'avantages concrets à l'ensemble du pays qu'un quart de siècle après sa mise en marche. Évidemment, rien ne garanti qu'il sera couronné de succès, même en 1970. Peut-être faudra-t-il attendre encore plusieurs années avant que toutes les parties du Canada récoltent les bienfaits de l'atome.

L'envergure actuelle de notre effort nucléaire est peut-être disproportionnée eu égard aux risques et aux avantages possibles. Au lieu d'engager 30 ou 40 millions par an, nous pourrions réduire ces frais de recherches à 10 millions, mettons, ou encore, élargir notre programme pour envisager d'autres objectifs dont la réalisation pourrait être profitable à plus de Canadiens dans d'autres parties du pays.

Enfin, notre planification générale doit être plus efficace. Aucun pays, si riche fût-il, ne peut continuer indéfiniment à subventionner une activité dans laquelle l'industrie privée ne veut pas s'engager. Notre campagne nationale pour une plus grande productivité exige l'utilisation maximum de toutes nos ressources. Il se peut qu'un jour l'énergie nucléaire compte parmi ces ressources, mais elle ne peut assurer à l'industrie canadienne un avantage unique et durable sur ses concurrents étrangers. Il faut tenir compte de cette importante réserve quand on veut déterminer la valeur de l'énergie atomique dans le contexte des perspectives économiques du Canada.

## 7. Recommandations

Compte tenu de ce qui précède, votre Comité pourrait, à mon avis:

- a) Autoriser une évaluation soigneuse des besoins énergétiques du Canada (cela pourrait se faire assez rapidement, avec le concours de l'Office national de l'énergie);
- b) Étudier le coût d'autres moyens de production d'électricité dans différentes parties du pays (nos services canadiens seraient disposés

à fournir des renseignements de ce genre). D'après l'écart entre ce coût et celui qu'on prévoit pour l'énergie nucléaire, on pourrait déterminer les avantages et économies qu'on peut attendre d'un programme de recherches nucléaires;

- c) Établir des comparaisons entre le coût et les avantages d'un programme afin de déterminer ce que doit être l'effort maximum du Canada sur le plan des recherches dans ce domaine; et
- d) Compte tenu des répercussions économiques de l'énergie nucléaire dans les parties du Canada qui possèdent en abondance d'autres formes d'énergie, dresser une ligne de conduite de recherches et de mise au point nucléaires qui soit compatible avec les intérêts de l'ensemble du pays.

A moins que votre Comité ait obtenu et pesé ces renseignements, je ne vois pas comment il pourrait présenter un rapport approprié sur «la ligne de conduite, l'activité et le budget de l'Atomic Energy of Canada Limited et de l'Eldorado Mining and Refining Limited, agences appartenant à la Couronne».

COÛTS COMPARATIFS: INSTALLATIONS HYDRO-ÉLECTRIQUES, USINES THERMIQUES ORDINAIRES ET USINES ATOMIQUES<sup>(1)</sup>

|                                     | Investissements<br>(millions) | Capacité à<br>la source<br>(kW) | \$/kW<br>de<br>capacité | Mil./kW,<br>Facteur de<br>charge de<br>60 p. 100 <sup>(2)</sup> |
|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---|
| <b>HYDRO-ÉLECTRICITÉ</b>            |                               |                                 |                         |   |
| Québec—1958.....                    | 1,316.0                       | 5,396,300                       | 243                     | 3.5   |
| Manitoba—1958.....                  | 165.7                         | 740,700                         | 223                     | 3.2   |
| Moyenne canadienne—1958.....        | 4,434.1                       | 14,758,500                      | 300                     | 4.3   |
| <b>USINES THERMIQUES ORDINAIRES</b> |                               |                                 |                         |   |
| Centrales au gaz.....               | —                             | —                               | 110-130                 | 3.0-5.7   |
| Centrales au charbon.....           | —                             | —                               | 130-150                 | 3.5-6.2   |
| <b>USINES ATOMIQUES FUTURES</b>     |                               |                                 |                         |   |
| a) Possibles pour 1970.....         | —                             | —                               | 300-400                 | 7.0-9.0   |
| b) Possibles pour 1980.....         | —                             | —                               | 200-300                 | 5.0-6.5   |

<sup>(1)</sup> Livré aux principaux centres de charge (i.e., y compris allocation pour investissements et pertes afférentes à la ligne de transmission). On suppose la charge maximum dans tous les cas. Il n'a pas été pourvu à une capacité de réserve ni au paiement des taxes fédérales sur le revenu. *A des fins de comparaison*, tous les coûts ont été calculés en fonction d'un financement par obligations à 5½ p. 100, sans tenir compte du phénomène de l'inflation.

<sup>(2)</sup> Les comparaisons touchant le coût de l'énergie sont fondées sur un facteur de charge de 60 p. 100, en conformité des besoins canadiens moyens. On suppose que les pertes, au cours de la transmission, sont de 7 p. 100 pour l'énergie hydraulique et de 5 p. 100 pour l'énergie atomique et les autres énergies thermiques. La charge annuelle globale a été établie à 7 p. 100 pour les installations hydro-électriques, à 7.5 p. 100 pour les usines thermiques ordinaires et à 8.5 p. 100 pour l'énergie atomique. On suppose une durée de 50 ans dans le premier cas, de 33 ans dans le deuxième et de 25 ans dans le troisième. La dépréciation est calculée sur une base d'amortissement, à intérêt de 5½ p. 100. On a supposé que le coût du combustible pour les usines nucléaires serait d'environ 1.5 millièmes en 1970 et d'un millième en 1980. Pour les combustibles ordinaires, le coût a été établi entre 1 et 3.5 millièmes.

Je ne me propose pas de commenter les appendices, à moins que vous m'y invitiez.

Le PRÉSIDENT: Veut-on que les appendices soient insérés au compte rendu ou qu'ils soient imprimés comme supplément?

M. PITMAN: J'ai jeté un simple coup d'œil sur la page 14 de l'annexe, à la rubrique «La recherche: un défi porté à la direction». C'est un document qui devrait intéresser beaucoup le Comité; on pourrait le faire imprimer au compte rendu.

M. AIKEN: A ce même propos, j'allais me renseigner au sujet de cet appendice. En réalité, il semble faire partie du mémoire. Y exprimez-vous vos opinions personnelles ou citez-vous d'autres sources?

M. DAVIS: J'y donne ma propre interprétation des faits; c'est une sorte de résumé d'une volumineuse bibliographie. J'en tire certaines conclusions. Le dernier alinéa, page 16, se lit ainsi:

«Surtout, il faut savoir quand s'arrêter. Dans bien des cas, il faut de cinq à dix ans pour mettre au point un nouveau produit ou un nouveau procédé qui abaisse les frais. Une fois lancé dans une entreprise de recherche, il ne faut pas y renoncer trop facilement. Mais il ne faut pas non plus qu'un programme s'éternise sans quelques judicieuses vérifications, sans qu'on fasse le point ou qu'on prenne les mesures radicales nécessaires pour faire table rase et passer à d'autres entreprises plus fécondes.

Voilà la conclusion de l'appendice.

M. AIKEN: Et le tableau final? Il paraît difficile à imprimer. Je ne sais pas si nous en avons besoin ou non.

M. DAVIS: C'est un genre d'analyse. La Commission royale d'enquête sur l'organisation de la fonction publique s'est dite très intéressée à ce genre d'analyse en particulier; elle sera très utile à son personnel. On y expose, en termes mathématiques, la méthode, que j'ai mentionnée plus haut, pour répartir les frais sur une période d'années, pour évaluer les avantages dont on profitera à une étape ultérieure, en les calculant d'après la valeur des dépenses engagées actuellement, afin de déterminer lequel des deux l'emporte sur l'autre et dans quelle mesure.

Le PRÉSIDENT: Ces documents peuvent être versés au compte rendu. Avez-vous d'autres mémoires ou résumés à soumettre?

(Voir les appendices pour le reste du mémoire.)

M. DAVIS: Oui, deux autres documents. Je me propose de lire uniquement la première page ou le résumé de chacun d'eux; je commenterai ensuite les deux sommaires, l'un après l'autre.

Le PRÉSIDENT: La brochure suivante a pour titre «Pour l'enrichissement de l'uranium au Canada». M. Davis s'en tiendra aux conclusions.

M. DAVIS: Le résumé est à la page 2. Le voici:

### RÉSUMÉ

1. On continue d'extraire l'uranium à un rythme dépassant de beaucoup les besoins prévus pour les dix prochaines années.

2. Les trois principaux consommateurs, les États-Unis, le Royaume-Uni et l'Euratom, n'auront pas de besoins immédiats d'uranium canadien à l'expiration des contrats actuels.

3. Certains autres pays, y compris le Japon, auront besoin de quantités plus faibles d'uranium, mais la forme sous laquelle ils l'achèteront dépendra aussi des nouvelles découvertes technologiques en matière de réacteurs.

4. A titre de principal pays exportateur, le Canada devrait aussi être le premier à réduire sa production. Il faut songer que les États-Unis compteront de plus en plus sur leurs propres sources d'approvisionnement, que l'Afrique du Sud est avantageusement placée sur le plan de la concurrence et que les programmes d'Europe et d'ailleurs comporteront l'emploi d'uranium enrichi.

5. Nous sommes donc d'avis que:

a) L'industrie et le gouvernement canadiens devraient faire enquête sur le côté économique d'une usine de diffusion, la fabrication de

l'uranium enrichi offrant un nouveau marché aux concentrés canadiens.

b) La Division des mines et d'autres services et agences du gouvernement fédéral devraient tenter par tous les moyens de trouver des emplois de rechange pour l'uranium; le succès de ces efforts assurerait un marché aux sous-produits de l'enrichissement de l'uranium; et

c) Le comité parlementaire spécial chargé d'étudier la ligne de conduite, l'activité et le budget de l'industrie atomique devrait examiner de près tous les éléments de frais, d'une part d'un programme de fabrication d'eau lourde, et d'autre part d'un programme d'enrichissement de l'uranium.

La présente étude a été préparée il y a plus d'un an; le texte en a été adressé au Comité vers ce temps-là, je crois. Je ne me prétends pas versé dans l'un ou l'autre de ces domaines, encore moins dans celui des usines de diffusion, du coût des travaux de génie, et ainsi de suite. J'hésite donc à traiter la question en détail.

Il est manifeste, à mon avis, que si l'énergie nucléaire ne devient pas rentable prochainement, il y a lieu de douter qu'une demande puisse exister pour les combustibles utilisés par les centrales atomiques. Si l'on continue de retarder continuellement la date où l'énergie nucléaire deviendra rentable, il faudra retarder en conséquence le moment de construire des installations pour la préparation de ce combustible, par exemple des usines d'enrichissement de l'uranium.

Si, d'ici dix ans, l'énergie nucléaire se taille une place sur les marchés du monde, le besoin d'usines d'enrichissement d'ici ce temps-là devient une certitude.

Ceux qui s'opposent à l'enrichissement de l'uranium soutiennent que cette opération n'est pas rentable en ce moment. Tout ce que j'ai à répondre c'est que l'énergie nucléaire elle-même ne l'est guère. Il est très difficile d'isoler une usine et d'affirmer qu'elle est plus rentable qu'une autre. Avant que l'uranium enrichi et les produits connexes soient rentables, il faudra que l'énergie nucléaire le soit elle-même.

Permettez-moi de me reporter à un entretien que M. Grauer, de la B. C. Electric Company Limited, et moi-même avons eu à ce sujet en avril 1960, avec la Commission d'énergie atomique des États-Unis, c'est-à-dire avec le président, M. J. A. McCone, ainsi qu'avec M. Edward Blok, administrateur général adjoint, division de la fabrication, et d'autres membres de cet organisme. M. McCone nous a fait plusieurs déclarations quasi-officielles. Nous avons une autorisation de M. Gordon Churchill, alors ministre du Commerce; M. McCone avait organisé cette réunion et beaucoup de gens étaient venus l'entendre. Il a dit que la Commission de l'énergie atomique des États-Unis était heureuse d'offrir son aide et sa collaboration à l'égard de la construction possible, plus tard, d'une usine d'enrichissement au Canada. Il a formulé plusieurs propositions, notamment:

Qu'il est généralement reconnu qu'un réacteur nucléaire, quel qu'il soit, fonctionne mieux à l'uranium enrichi qu'à l'uranium naturel.

C'est son avis.

M. McCone a ajouté que lord Plowden, ancien président de la Commission d'énergie atomique du Royaume-Uni, en avait convenu lorsqu'ils avaient discuté ce point quelque temps auparavant.

Il a souligné que la demande future d'uranium enrichi pour les usines nucléaires est incertaine pour deux raisons: la lenteur des progrès dans le

domaine de l'énergie atomique et l'énorme capacité d'enrichissement dont disposent les États-Unis. Selon lui, il y aura fléchissement plutôt qu'augmentation de la demande; l'an dernier, a-t-il dit, on a remarqué une baisse de la demande d'uranium enrichi, ce qui a influé sur la demande d'usines d'enrichissement. Il a ajouté:

La méthode américaine d'enrichissement est à base de diffusion gazeuse et consomme beaucoup d'énergie. On étudie en ce moment une méthode de rechange de séparation des isotopes, la méthode centrifuge qui, elle, exige peu d'électricité. Elle en est à l'étape des recherches et n'est pas encore rentable, le coût du produit enrichi étant passablement plus élevé que pour les usines de diffusion gazeuse. Cependant, des améliorations techniques sont probables; il faudra considérer cette méthode de rechange avant la construction de nouvelles usines, d'autant plus qu'un des avantages des emplacements canadiens c'est l'énorme quantité d'électricité qu'on peut y obtenir à bon compte.

M. McCone a déclaré que si la Commission de l'énergie atomique des États-Unis décidait d'aménager une ou plusieurs autres usines à l'étranger, elle les construirait de préférence au Canada.

M. BEST: Pourrait-on imprimer en appendice les deux brochures «Pour l'enrichissement de l'uranium au Canada» et «La rentabilité de la production d'eau lourde au Canada»?

M. DAVIS: Je voudrais citer une autre déclaration faite à cette réunion. M. McCone a dit également que la Commission d'énergie atomique des États-Unis espère intéresser l'industrie privée à l'aménagement d'installations pour la transformation de combustible nucléaire, peut-être vers 1970.

Enfin, il a confirmé les noms de plusieurs spécialistes qu'il juge éminemment capables de conseiller toute entreprise canadienne qui songe à l'emploi de l'uranium naturel. Il a nommé, notamment, M. Karl Cohen, de la *General Electric Company*, de Californie.

Le PRÉSIDENT: Voyez-vous quelque inconvénient à ce qu'on imprime tout cela au compte rendu?

M. DAVIS: On pourrait s'en tenir à ce que j'ai lu. Les procès-verbaux ont été rédigés par un tiers, qui représentait la *B.C. Electric*. Il s'agit, en somme, d'un mémoire destiné à cette société.

Le PRÉSIDENT: Il vaudrait mieux n'imprimer au compte rendu que les passages cités par M. Davis. Est-on d'accord?

Assentiment.

Le PRÉSIDENT: Qu'entendez-vous faire de ces deux mémoires de M. Davis?

M. BEST: J'imagine que nous engagerons une discussion là-dessus. M. Davis a parlé de l'enrichissement et de l'eau lourde; pour usage futur, il conviendrait, je pense, d'inclure ces deux mémoires dans notre compte rendu.

M. AIKEN: Ils sont passablement longs. Sans doute méritent-ils le temps et l'effort qu'il faudra consacrer à leur impression. Ils comptent environ 30 pages, avec illustrations dans chaque cas.

M. BEST: Ce sont des exposés détaillés; je considère notre compte rendu comme une source de renseignements dans ce domaine particulier.

Le PRÉSIDENT: Puisque M. Davis nous adresse ces mémoires, je suppose que le Comité voudra les faire imprimer en appendice?

Assentiment.

(Voir appendices B et C)

M. NUGENT: A-t-on cherché à savoir si les témoins pourraient communiquer d'avance leurs mémoires au Comité. Si nous les recevions une semaine ou deux

d'avance, notre travail en serait grandement facilité. Nous aurions le temps de les lire. Le témoin pourrait s'y reporter comme à un appendice et nos questions seraient prêtes.

M. BEST: Depuis deux ou trois semaines, nous avons convoqué des témoins à quelques jours d'avis. Il leur aurait donc été difficile de préparer leurs documents et de nous les communiquer d'avance. Ce serait une excellente idée, j'en conviens.

Le PRÉSIDENT: M. Nugent a raison, je pense; mais le greffier me dit qu'on a essayé cela dans le passé et que ça n'a pas marché. Je suis d'accord avec vous, monsieur Nugent; si les membres du Comité pouvaient étudier les mémoires avant qu'ils leur soient présentés, nous y gagnerions beaucoup. Pour le moment, cependant, nous n'y pouvons rien.

Au nom du Comité, monsieur Davis, je vous remercie beaucoup de votre déposition.

M. Davis a un troisième exposé, qui porte sur l'eau lourde; il va nous donner lecture du résumé.

M. DAVIS: Le document a pour titre «La rentabilité de la production d'eau lourde au Canada». Voici l'introduction du résumé:

L'eau lourde sert au refroidissement et au ralentissement dans les réacteurs nucléaires mis au point par l'*Atomic Energy of Canada Limited*. On a fabriqué de l'eau lourde pendant un certain temps à Trail (C.-B.), mais ce produit est maintenant importé d'usines américaines plus vastes et à rendement plus élevé. Le succès du programme canadien de réacteurs nucléaires exige de fortes quantités d'eau lourde. Comme l'électricité est un élément important de frais (de 20 à 25 p. 100), les services canadiens à capacité excédentaire voudront sans doute encourager l'établissement de fabriques d'eau lourde sur leur territoire. M. Lewis me rappelle que, pour au moins un procédé, cet élément de frais ne compte pas pour 25 p. 100. Je devrais donc me contenter des mots «élément de frais important».

J'ai correspondu avec M. Karl Cohen, des États-Unis, à propos de l'eau lourde. M. Cohen a été pendant de longues années attaché à la Commission d'énergie atomique de son pays et possède une vaste expérience dans l'exécution des programmes d'enrichissement de l'uranium et de production d'eau lourde. Plus tard, il a eu aussi à voir aux programmes de la *General Electric Company*. Il a déjà été question ici d'un article qu'il a écrit et qu'on a souvent cité, même dans d'autres parties du monde. Voici la lettre que j'écrivais à M. Cohen, le 8 mars 1960:

M. Karl Cohen,  
Atomic Power Equipment Department,  
General Electric Company,  
San Jose, Californie.

Cher monsieur Cohen,

J'ai relu avec beaucoup d'intérêt l'article que vous avez préparé pour *Nucleonics* en janvier 1958. Il a pour titre: «Comment procéder au développement de l'énergie nucléaire»; entre autres choses, vous y exposez, dans ses grandes lignes ce que peut être, en immobilisations, le coût de programmes d'enrichissement de l'uranium et d'usines nucléaires à l'eau lourde. Ayant fait ces derniers mois une analyse de la rentabilité de l'enrichissement de l'uranium, j'ai trouvé vos observations très intéressantes. J'accepte sans hésiter trois de vos conclusions, à savoir:

- 1) que les usines de diffusion coûtent beaucoup moins cher que les centrales à l'eau lourde, au sein d'une économie nucléaire en expansion;

- 2) que quelques-unes des usines actuelles de diffusion pourraient à elles seules soutenir une économie nucléaire de plus grande envergure que les deux centrales américaines à eau lourde; et
- 3) que ce n'est qu'au sein d'une économie nucléaire à progression lente que les investissements pour les usines à eau lourde et les usines de diffusion sont comparables.

J'ai discuté cette question avec M. Lewis, de l'*Atomic Energy of Canada Limited*. Il m'a adressé des exemplaires de lettres qu'il vous a écrites au début de 1958. J'ai fait aussi moi-même certains calculs et j'en garde certaines impressions. Auriez-vous la bonté d'en prendre connaissance et de me dire si, à votre avis, je suis dans la bonne voie.

Dans une situation parfaitement statique (quand les centrales nucléaires ne sont ni agrandies ni multipliées), le coût de l'usine et de l'équipement nécessaire à la production d'uranium enrichi d'environ 10 dollars par kilowatt, contre moins d'un dollar par kilowatt pour l'eau lourde.

Si, d'autre part, l'énergie nucléaire a atteint un certain degré d'équilibre vis-à-vis des autres sources d'électricité (charbon, pétrole, gaz, eau, et ainsi de suite) et si de nouvelles installations sont aménagées au rythme moyen, mettons de 7 p. 100 par an, le total des investissements à des fins d'enrichissement de l'uranium pourraient représenter de 15 à 20 dollars par kilowatt. Les frais supplémentaires pour les fabriques d'eau lourde au D<sub>2</sub>O seraient de l'ordre de 20 dollars par kilowatt.

Si la demande d'énergie nucléaire augmentait deux fois plus vite que la demande générale d'électricité (environ 14 p. 100 par an), les investissements afférents aux usines d'enrichissement seraient de l'ordre de 20 dollars par kilowatt et, pour les usines de D<sub>2</sub>O, de l'ordre de 40 dollars par kilowatt.

Enfin, si l'énergie nucléaire en était à l'étape de «l'élan initial» (la demande de nucléo-électricité augmentant par exemple de 35 p. 100 par année), les investissements dans de nouvelles usines de diffusion pourraient représenter près de 25 dollars par kilowatt tandis que pour l'eau lourde, le chiffre serait plus près de 60 dollars.

J'ai lu le récent communiqué de l'Atomic Industrial Forum au sujet de l'enrichissement de l'uranium. On y dit qu'il serait possible d'aménager, pour environ 500 millions de dollars, des installations d'une capacité nucléaire de 20 à 30 millions de kilowatts (y compris le coût d'une usine de production). On semble donc confirmer votre propre estimation de 20 dollars par kilowatt. D'autre part, M. Lewis est d'avis que votre chiffre de \$59 par kilowatt pour l'eau lourde est exagéré. Avez-vous de nouveaux renseignements propres à vous faire revenir sur vos estimations? Votre article de NUCLEONICS représente-t-il encore votre opinion à ce sujet?

Je vous serais aussi très reconnaissant de me dire si d'autres articles ont été publiés sur la question du coût global des investissements et de l'acquisition d'autres combustibles et de ralentisseurs. Je me propose de faire une sorte d'évaluation générale des installations d'enrichissement, d'une part, et des fabriques d'eau lourde, d'autre part. Dans quelle mesure le coût varie-t-il d'après le rythme d'augmentation de la charge? Quels sont les autres éléments de première importance?

J'apprécierais beaucoup vos conseils en matière de documentation ou quant à l'orientation à donner à mes recherches.

Je vous remercie de l'aide que vous voudrez bien me donner à cet égard.

Sincèrement,

*Le directeur des recherches et de la  
planification,*

JOHN DAVIS.

Voici des passages extraits de la réponse de M. Cohen :

Si la capacité de production de nucléo-électricité augmente de 35 p. 100 par an, les investissements pour l'eau lourde seront de l'ordre de \$76 par kilowatt. Si l'augmentation est de 14 p. 100, ils seront d'environ \$33 et de \$17 si l'augmentation est de 7 p. 100 par an.

Ces chiffres sont plus élevés de 30 p. 100 que mes estimations précédentes, même compte tenu d'une amélioration possible des procédés. L'écart est attribuable à des éléments accessoires dont je n'avais pas tenu compte. Les chiffres devraient évidemment être augmentés de \$2.50 pour tout fléchissement d'un pour cent par année.

Pour l'uranium enrichi, le cas est différent puisqu'à la gamme entière d'expansion allant de 35 p. 100 à zéro, correspond une variation des investissements allant de 17 à 11 dollars le kilowatt pour l'usine de diffusion, plus \$6 environ le kilowatt pour la centrale électrique de soutien. Ce chiffre dépend évidemment du degré d'enrichissement nécessaire et des réserves prévues de combustible. Ne sachant pas sur lequel degré d'enrichissement ni sur quelles réserves s'est fondée l'étude du «Forum», il ne m'est pas possible de comparer directement les deux estimations. Par ailleurs, je ne vois aucune contradiction flagrante entre les deux.

Je ne comprends pas, je dois l'avouer, le dernier commentaire de M. Lewis (savoir que, de l'allocation de \$55 par kilowatt pour l'eau lourde, une part de 22 à 33 dollars par kilowatt représente les immobilisations). Le compte de capital ne peut être abaissé à zéro que si les capitaux n'ont pas d'autre emploi productif et si les usines de D<sub>2</sub>O ont une durée illimitée.

J'ai adressé des doubles de ces lettres à M. Lewis, comme l'avait fait M. Cohen. M. Lewis m'a répondu et a fait parvenir le texte de ses réponses à M. Cohen. Je ne comprends pas très bien cette réponse, mais j'ai l'impression que M. Lewis est d'accord avec M. Cohen. Voici ce qu'il écrit :

Merci de m'avoir adressé un exemplaire de la lettre que vous avez écrite à M. Cohen le 8 mars. Vous dites que «Lewis, d'autre part, estime que votre chiffre de \$59 par kilowatt pour l'eau lourde est exagéré». Cela veut dire que vous n'avez pas suivi mon raisonnement; autrement, vous auriez dit «Lewis démontre que votre chiffre de \$59 par kilowatt représente l'extrême limite pour un taux d'accroissement annuel de 35 p. 100». Si l'on avait assez de clairvoyance pour aménager des usines d'eau lourde avant que la demande se manifeste, il faudrait aussi réduire l'envergure des installations pour éviter qu'on dispose d'une trop forte capacité de production au moment où le rythme accéléré d'accroissement s'abaissera à un niveau normal.

Je vous rappelle aussi que dans ma lettre du 5 mai 1958 à M. Cohen, j'ai signalé qu'une part de 40 à 60 p. 100 des frais afférents au D<sub>2</sub>O, déjà compris dans les estimations pour les réacteurs au D<sub>2</sub>O, représente les

investissements pour les usines de production de D<sub>2</sub>O. De plus, le chiffre global, pour l'eau lourde, était de \$55 par kilowatt d'électricité, de sorte que les immobilisations s'établissaient entre 22 et 33 dollars. Par conséquent, on n'y perdra pas trop pour avoir manqué de clairvoyance même si les réacteurs à eau lourde devaient accaparer tout le marché nucléaire.

Non, je le regrette. Je voudrais citer une autre lettre, c'est-à-dire un double d'une lettre adressée par M. Lewis à M. Cohen, le 18 mai, qui répond à ce que m'avait dit M. Cohen. Voici :

Merci de m'avoir adressé le texte de votre lettre du 11 mai à M. John Davis. Je regrette que mes commentaires vous aient dérouté. Pourtant ils me paraissent passablement exacts puisque les capitaux ne se paient qu'une fois. Le fabricant d'eau lourde fait entrer le coût de ses capitaux dans le prix de sa marchandise; nous avons établi un prix de \$28 la livre en tenant compte des immobilisations. Par conséquent, si nous incluons, dans l'estimation du coût de l'énergie, les immobilisations afférentes aux fabriques d'eau lourde, il suffit ensuite d'ajouter les frais d'exploitation et d'entretien de la fabrique, ce qui devrait s'établir à moins de \$28 la livre de D<sub>2</sub>O.

Il me semble donc exact de supposer que, du prix de \$55 par kilowatt d'électricité pour l'eau lourde, une part de 22 à 33 dollars par kilowatt représente les immobilisations afférentes à l'usine d'eau lourde.

J'espère que vous me comprenez maintenant.

Quoi qu'il en soit, il accepte un des chiffres de M. Cohen. J'ai lu cette lettre très attentivement d'un bout à l'autre plusieurs fois. J'ai lu les témoignages rendus à ce sujet. On peut affirmer, je crois, que si les progrès techniques permettent de réduire le coût de fabrication de l'eau lourde, ils réduiront en même temps le coût des usines de diffusion. Ce qui vaut dans un cas vaut aussi dans l'autre. Également, on a tort, à mon avis, de proposer l'aménagement de fabriques d'eau lourde des années avant la construction des usines qui utiliseront cette denrée, sans tenir compte du fait que cet argent est immobilisé et qu'il faut faire la part des intérêts.

M. BEST: C'est un commentaire que vous faites sur les lettres de M. Lewis?

M. DAVIS: Oui. Deuxièmement, on prendrait un grand risque en prévoyant une trop forte capacité de production d'eau lourde, cinq ans ou plus peut-être avant d'en avoir besoin. Ce n'est certes pas là ce qu'on appelle une entreprise rentable. C'est pourquoi, à mon avis, les chiffres de M. Lewis, qui veut aménager beaucoup d'usines d'avance pour n'avoir pas à en aménager plus tard, lui permettent d'en arriver pour le début des années 80 à un prix par kilowatt qui me semble inférieure à ce qu'il sera en réalité.

Il faudrait examiner ces estimations de très près dans la réalité pour déterminer s'il faut affecter plus ou moins d'argent à l'eau lourde qu'à l'uranium enrichi. D'après M. Cohen, l'enrichissement coûte beaucoup moins cher dans les très grandes usines.

M. BEST: Ne s'agit-il pas d'enrichissement dans les deux cas?

M. DAVIS: Je le pense, oui.

M. BEST: Dans le cas de l'eau lourde, il s'agit aussi en réalité d'enrichissement. Il s'agit donc de deux procédés d'enrichissement.

Croyez-vous que, pour l'eau lourde, le prix final soit de nature à abaisser la consommation plus que dans le cas de l'uranium naturel?

M. DAVIS: Votre usine d'enrichissement pourrait, pour commencer, alimenter un marché plus vaste. Elle vendra aussi probablement sur les marchés

étrangers parce que, par l'enrichissement, on peut répondre aux besoins d'usines qui fonctionnent plus lentement, y compris les petites installations pour la propulsion de navires, les petites usines pour le Nord et ainsi de suite. J'ajoute qu'on pourrait aménager des fabriques d'eau lourde dans de nombreux pays, puisqu'on peut les aménager à petites dimensions. Les possibilités d'exportation sont donc plus limitées pour l'eau lourde que pour l'uranium enrichi. L'enrichissement donne, de plus, un sous-produit, l'uranium dépouillé d'électrons, qui a les mêmes propriétés chimiques que l'uranium et peut servir à la métallurgie.

M. BEST: Ceci peut se rattacher à ce que vous avez dit de la Direction des mines, savoir qu'elle devrait accélérer ce travail?

M. DAVIS: C'est un travail à la fois très utile et très fécond qu'on effectue en ce moment.

M. AIKEN: A la page 8 de votre mémoire, vous dites:

Elles ont tendance, par conséquent, à différer l'emploi de l'énergie nucléaire ou, en mettant les choses au pis, à acheter des usines atomiques alimentées au combustible enrichi, parce qu'elles coûtent moins cher par kilowatt de capacité.

Qu'entendez-vous par là? Comment les usines atomiques alimentées au combustible enrichi peuvent-elles coûter moins cher par kilowatt? Autrement dit, est-ce un facteur reconnu?

M. DAVIS: Je le crois. Dans un cas, la fission nucléaire se fait au moyen de l'uranium enrichi, et, dans l'autre, au moyen d'eau enrichie qui facilite l'opération. Il faut donc enrichir soit votre combustible soit votre ralentisseur. On peut supposer, s'il n'y a pas de fuite, que le ralentisseur restera indéfiniment dans le réacteur. Son coût entre dans les immobilisations; il ne s'épuise pas. Il ne fait pas partie des éléments de frais et ne représente pas non plus une charge variable comme c'est le cas pour l'autre. N'oublions pas que les sociétés privées d'utilité publique, d'après les règlements, ne peuvent réaliser de bénéfices que sur leurs capitaux et non pas sur leurs frais d'exploitation, sur les ventes, les salaires, etc. Si elles aménagent des usines alimentées à l'eau lourde, elles devront et payer des intérêts et acquitter l'impôt sur le revenu. Dans le calcul des tarifs, c'est un élément de frais qui compte pour beaucoup dans une entreprise qui absorbe des capitaux, par opposition à une entreprise dont les frais d'exploitation sont élevés.

M. AIKEN: Quand on y regarde de plus près cependant, n'est-il pas vrai que le coût du combustible, en particulier l'uranium naturel, compte pour bien peu, en somme, en regard du coût total de construction de l'usine?

M. DAVIS: C'est le grand espoir qu'on fonde sur l'énergie atomique. Si le combustible ne coûte à peu près rien, le problème consiste à réduire les immobilisations. Si le coût du combustible enrichi s'abaisse et s'il est possible de le brûler plus à fond, l'emploi de l'uranium deviendra plus avantageux. Cependant, je ne vois pas comment vous pouvez être sûr que l'emploi, dans un réacteur, d'un ralentisseur coûteux ne serait pas plus onéreux à la longue que le choix d'une usine moins coûteuse.

M. AIKEN: La construction même de l'usine n'est-elle pas le principal élément de frais et le combustible, fût-il de l'eau lourde, n'est-il pas ce qui compte le plus pour l'exploitation?

M. DAVIS: Ma foi, oui. Le coût de l'eau lourde peut représenter 12, 15 ou 20 p. 100 du compte de capital. Si c'est le principal inconvénient à l'emploi d'énergie nucléaire, il n'aura plus guère d'importance quand le coût en sera abaissé à moins de 15 p. 100.

M. AIKEN: J'ai une autre question; M. Gray voudra peut-être dire quelque chose à ce sujet. D'après votre mémoire, vous doutez de la valeur économique des usines d'énergie nucléaire en général d'ici 25 ou 30 ans, pour l'ensemble du Canada.

M. DAVIS: C'est que je n'en sais rien. Je sais qu'il existe d'excellentes perspectives pour le sud de l'Ontario qui pourrait en tirer un réel avantage.

M. AIKEN: Je crois que vous êtes venu ici deux fois déjà et que vous avez entendu d'autres témoins engager fortement l'A.E.C.L. non seulement à exécuter le plus rapidement possibles les projets NPD et CANDU mais aussi à étendre son programme à d'autres types de réacteurs. Je me demande s'il est possible de concilier d'une part votre inquiétude au sujet de la rentabilité des usines nucléaires et d'autre part l'insistance dans certains milieux pour qu'on mette à exécution non seulement ces projets mais d'autres en même temps et qu'on affecte plus d'argent aux recherches sur d'autres types de réacteurs, comme les piles à haute température refroidies au gaz.

Ai-je tort de penser que ces deux choses s'excluent l'une l'autre dans une certaine mesure?

M. DAVIS: Je voudrais que mes chiffres soient vérifiés par plusieurs personnes; j'engagerai certainement la Commission royale sur l'organisation de la fonction publique à passer mon analyse au crible. J'ai cependant l'impression que le programme actuel est trop vaste par rapport aux avantages prévus. S'il nous faut attendre dix ans ou plus, mettons, pour en profiter et si ces avantages se limitent à la charge de base—ici nous en arrivons au type de réacteur—et que ces entreprises soient financées par des fonds plutôt publics que privés et se composent surtout de très grandes unités, cet inconvénient permanent diminue d'autant les avantages quand on les compare aux frais. Il faut en obtenir un rendement. A mon avis, cette analyse fondée sur le rapport entre le coût et les avantages est tout simplement un moyen de s'assurer qu'une entreprise est rentable. On peut faire porter les recherches sur toute une gamme de possibilités et sur plusieurs fronts à la fois. Dans l'espoir d'aboutir, on peut travailler sur de petits réacteurs, sur les modes d'enrichissement ou sur les combustibles obtenus, si l'on est assuré de tous ces avantages. Vous espérez peut-être les obtenir et vous élevez la valeur en dollars en proportion du coût de votre programme.

M. AIKEN: On dit même dans certains milieux qu'il est possible d'aménager une usine centrifuge d'enrichissement pour de plus petites quantités et à un coût plus bas.

M. DAVIS: Je ne voudrais pas donner l'impression que toutes mes préférences vont à un mode particulier d'enrichissement. J'aimerais bien que l'idée d'une usine centrifuge puisse être adaptée aux régions riches en énergie, comme la Colombie-Britannique, l'Alberta et le Labrador, mais si c'est impossible techniquement et économiquement, nous n'y pouvons rien.

M. AIKEN: Selon vous, cette usine devrait-elle être aménagée par le gouvernement ou par l'entreprise privée? Croyez-vous qu'elle serait rentable pour l'entreprise privée?

M. DAVIS: Je ne sais pas. On parle abondamment et avec enthousiasme de l'énergie nucléaire dans certains milieux mais les secteurs privés ne bougent pas. Je ne puis me prononcer. J'ai l'impression qu'on hésite beaucoup à se lancer dans ce domaine particulier à simple fin de réaliser des bénéfices.

M. NUGENT: Vous nous dites que le programme est trop vaste par rapport aux avantages prévus. Je me demande depuis un certain temps déjà si les recherches sur la mise au point de réacteurs nucléaires peuvent aboutir à un réacteur qui nous donnerait la clé de ces problèmes déroutants, sans qu'il soit

nécessaire de pousser les recherches aussi loin que le fait l'A.E.C.L. par son programme nucléaire? Aurions-nous réellement trouvé les solutions que nous cherchons si nous avions craint de nous embarquer dans ce que vous appelez un programme trop vaste?

M. DAVIS: Je ne sais pas. Je n'ai pas étudié d'assez près le programme de l'A.C.E.L. pour formuler des commentaires sur son exécution. Je ne puis me prononcer.

M. NUGENT: En tout cas, vous n'êtes pas venu ici, n'est-ce-pas, pour nous convaincre des avantages de ce que j'appellerais un programme beaucoup plus limité propre à donner des résultats aussi concrets que ceux que nous avons obtenus jusqu'ici?

M. DAVIS: Vous m'avez bien compris, je pense. J'ai tenté de vous décrire en quelque sorte un milieu économique et même de vous fournir un moyen de mesurer les ordres de grandeur. Je dois m'arrêter là, la question des buts et de l'administration n'étant pas de mon domaine.

M. NUGENT: Si je mets en regard les frais et les avantages, je comprends vos chiffres mais il reste que vous avez étendu la comparaison à d'autres domaines et la première question qui me vient à l'esprit c'est celle de savoir s'il est juste de comparer les recherches faites dans ce domaine aux recherches faites ailleurs. N'est-il pas vrai que, dans ce cas-ci, si vous prenez le coût en dollars comme point de comparaison, fatalement les frais seront tout à fait disproportionnés?

M. DAVIS: Aux États-Unis par exemple, on peut dire en toute confiance et comme question de principe que la défense est un objectif de première importance, l'énergie produite n'étant qu'un résultat accessoire. Nous ne pouvons en dire autant au Canada. Si nous y réfléchissons et si nous voulons tenir compte d'avantages moins précis, il nous faut les inclure dans la colonne des éléments d'actif. Ce n'est pas ce que nous faisons; nous prétendons n'envisager principalement et exclusivement qu'un seul but, nettement défini et mesurable.

M. PITMAN: Monsieur Davis, vous nous avez rendu un grand service, je crois, en faisant intervenir dans la discussion la question de la rentabilité. Vous m'intriguez quand vous dites que le réacteur nucléaire n'a de valeur qu'en fonction d'une charge de base. Voulez-vous dire que, parce qu'on ne peut pas à volonté le mettre en marche et l'arrêter, son utilité se limite à la charge de base? Est-ce vrai de tous les réacteurs ou les réacteurs alimentés à l'uranium enrichi peuvent-ils être éteints beaucoup plus rapidement quand le point critique est atteint?

M. DAVIS: Mes explications étaient sans doute trop vagues. C'est incontestablement sur le réacteur à charge de base que nous concentrons principalement nos efforts au Canada mais, évidemment, dans un sous-marin par exemple, vous disposez en tout temps d'un moteur dont vous pouvez régler le rendement à volonté et très rapidement, suivant la charge. Ce moteur brûle des combustibles enrichis et il est concevable qu'on puisse obtenir le même résultat d'une usine d'eau lourde.

M. PITMAN: Étant donné que la charge de base sera très inférieure à celle du réacteur de Douglas Point, ne croyez-vous pas que c'est ce genre de réacteur qu'il nous faudrait, sinon en Ontario, du moins en Colombie-Britannique, en Alberta et dans les autres régions où l'on pourrait utiliser des réacteurs nucléaires?

M. DAVIS: Je puis essayer de répondre à votre question indirectement. La demande d'électricité varie d'une heure à l'autre, suivant la période de la journée. Elle est évidemment élevée le jour et faible la nuit. Pour qu'une usine

puisse fonctionner à peu près continuellement, il faut qu'elle puisse fournir à volonté n'importe quelle quantité entre les deux extrémités de la courbe.

La quantité totale d'électricité est faite de la somme globale qui figure entre les extrémités de la courbe; pour répondre à tous les besoins, il faut évidemment plusieurs installations de capacité différente. C'est en somme une usine à fonctionnement continu que nous cherchons à mettre au point au Canada.

M. PITMAN: Ne croyez-vous pas que, si nous affectons moins d'argent aux recherches—ici ma question se rapproche de celle de M. Nugent—il nous serait peut-être impossible de résoudre les problèmes qui font que le réacteur coûte beaucoup plus cher que la production d'électricité? Ce danger n'est-il pas réel? D'après vos calculs, où en sommes-nous vis-à-vis des autres nations, des États-Unis par exemple, pour ce qui est de la somme des recherches? D'autres témoins ont été interrogés là-dessus. Que pensez-vous de la somme que nous affectons aux recherches?

M. DAVIS: Par tête, mettons, nous dépensons à peu près autant que les Américains. Pour les Britanniques, je ne sais pas; si l'on tient compte de leurs usines coûteuses, il est probable qu'ils dépensent plus que nous par tête. Mais je puis envisager la possibilité, qu'en 1970 mettons, un service d'utilité publique ait à décider pour quelle charge de base il optera; assurément, s'il veut quelque chose de comparable à notre usine thermique actuelle, il l'achètera au Royaume-Uni, en Suisse ou ailleurs. Nous pouvons établir une industrie nationale, je vous l'accorde, mais les salaires étant différents ailleurs, comme aussi le degré de compétence et d'industrialisation dans des domaines qui nous sont étrangers ici, il se peut que d'autres pays nous dament le pion, si l'on fait abstraction de l'influence possible des droits douaniers.

M. PITMAN: D'après cette même norme, on pourrait en dire autant d'à peu près toutes les industries secondaires au Canada. Il nous faut aller deux fois plus vite pour suivre les autres à cause de désavantages naturels: faible population, grandes distances et ainsi de suite, comme vous le dites vous-même.

M. DAVIS: J'ai une observation à ajouter. J'ai souvent traité cette question. Les sommes que nous avons affectées aux recherches et à la mise au point au Canada sont nettement insuffisantes; j'espère que nous n'irons pas jusqu'à discréditer les recherches au point de nous en détacher complètement, comme ce fut le cas, dans des circonstances différentes, pour l'Arrow. Si l'Hydro ontarienne décidait de passer à l'énergie nucléaire—on sait que le réacteur britannique a fait ses preuves tandis qu'on ne saurait en dire autant du nôtre—nous assisterions à un tollé général, si elle choisissait le réacteur britannique, ce qui n'est pas impossible. Cela nuirait à notre programme de recherche et de perfectionnement.

M. PITMAN: Si l'on pousse cet argument jusqu'à sa conclusion logique, cela revient à dire que nous devons nous retirer complètement de la course ou, comme vous le proposez à la page 11, réduire le budget à 10 millions par an et nous contenter d'un programme très limité qui, de toute évidence, ne saurait résoudre ces problèmes; autrement, dites-vous, il faudrait élargir notre programme. En d'autres termes, vous déclarez que nous devons nous retirer ou à peu près de ce domaine—ce qui nous ferait perdre encore une fois une autre industrie que nous espérons maintenir pour l'exploitation de nos mines d'uranium afin d'être en mesure d'exporter au lieu d'importer—ou encore nous engager à fond de train. Vous proposez que notre programme soit étendu à d'autres objectifs. Peut-être voudrez-vous nous dire ce qu'ils sont. Voulez-vous parler d'autres types de réacteurs ou quoi?

M. DAVIS: Oui, on pourrait en récolter des avantages à long terme. La somme de 10 millions est un chiffre que j'ai lancé au hasard. Je ne pouvais pas

digérer le rapport coût-avantages. D'autres en arriveront à des chiffres différents peut-être mais du même ordre de grandeur. On fait beaucoup de recherches pour 10 ou 15 millions de dollars. Au Canada, les travaux de recherche qu'on peut faire pour un million se ramènent à peu de chose mais on peut faire beaucoup avec 15 millions par an, surtout si l'on n'affecte pas trop d'argent aux garnitures comme on l'a fait à Douglas Point avant la mise au point du NPD—2. Il n'est pas nécessaire de dépenser 30 millions si 15 suffisent. Il faut savoir choisir le moment. Nous avons affaire ici à des sommes très élevées. Proposer d'abaisser le budget à 15 millions ne représente qu'une réduction par rapport à un total de 40 millions, voilà tout.

M. PITMAN: Je me demande si ce que vous proposez ne revient pas à dire qu'il nous faudrait opter pour un programme complet ou pour rien du tout ou à peu près. Ne s'agit-il pas plutôt d'encourager l'entreprise privée dans certaines régions? Vous avez dit que le secteur privé n'apporte pas une très importante contribution. Pouvez-vous nous indiquer des régions où, d'après votre formule coût-avantages et en termes de rentabilité des améliorations seraient possibles?

M. DAVIS: C'est tout simplement que je n'ai pas confiance dans l'énergie atomique pour l'avenir immédiat. Vous voulez dire sans doute une région où les perspectives soient vraiment excellentes pour l'énergie nucléaire. Je ne sais pas, mais il me semble qu'on devrait tendre vers un plus grand nombre d'objectifs de façon que le rapport coût-avantages paraisse moins disproportionné. Peut-être devrait-on attacher plus d'importance au matériel servant à la production. C'est pour cette raison que j'ai insisté sur l'uranium enrichi. C'est en quelque sorte un espoir en même temps qu'une possibilité immédiate.

M. NUGENT: Me permettez-vous de vous interrompre? Compte tenu du point que j'ai déjà soulevé, quand vous parlez d'objectifs plus nombreux, serait-il possible de poursuivre avec succès ces objectifs et de les diversifier tout en réduisant en même temps le budget?

M. DAVIS: Dans l'avionnerie, nous avons assez bien réussi à choisir nos domaines d'activité. Nous ne pouvions pas fabriquer tous les types d'avions. Nous avons choisi un domaine et nous nous y sommes cantonnés. Malheureusement nous nous sommes engagés trop loin dans un cas et il nous a fallu nous arrêter.

M. NUGENT: Il me semble que nous avons dépensé beaucoup plus pour l'avionnerie—dans le cas de l'Arrow, par exemple—que nous ne dépensons pour l'énergie nucléaire.

M. DAVIS: Je ne veux pas dire qu'il faudrait se fixer 200 objectifs mais plusieurs, sans couvrir toute la gamme des possibilités nucléaires. Un de ces objectifs devrait se rattacher au combustible et le programme devrait être orienté davantage vers l'exportation. On ne devrait pas rester sur la défensive et se contenter simplement de tenter de rivaliser avec le Japon et l'Europe pour ce qui est du coût de l'énergie.

M. NUGENT: Une chose me tracasse. D'après ce qu'on nous a dit ici de l'énergie nucléaire, on se heurte à chaque pas à des inconnues; chaque usine nucléaire présente une foule de nouveaux problèmes qui ne sont résolus qu'une fois que ce pas particulier a été franchi. C'est précisément ce qui m'embarrasse; si nous réduisons notre budget et si nous réussissons quand même à résoudre certains problèmes, dans quel sens nous orienterons-nous et jusqu'où irons-nous? Voulez-vous seulement que nous renoncions aux réacteurs nucléaires ou pourrions-nous nous dispenser de certains des travaux que nous avons entrepris jusqu'ici?

M. DAVIS: Plusieurs des inconnues dont vous parlez se rattachent à un objectif: les grands réacteurs nucléaires à charge de base, n'est-ce pas?

M. NUGENT: Je croyais que tous les modèles de réacteurs comportent plusieurs inconnues: le rendement de certains refroidisseurs, par exemple, le degré de pureté, et ainsi de suite. En réalité, par conséquent ces plans ne sont en somme qu'un point de départ et, pour résoudre les problèmes, il faut effectivement construire un modèle d'essai. C'est pour cela, si je comprends bien, que les recherches nucléaires coûtent si cher et c'est ce qui m'inquiète. Certes le rapport coût-avantages n'est pas rassurant mais je me demande s'il y aurait moyen de réduire notre programme.

M. DAVIS: Je ne sais quoi vous répondre. Il y a certainement des domaines de recherche et de mise au point qui n'offrent que des perspectives tellement éloignées et qui exigent un effort total pour une période tellement longue que le Canada ne peut—c'est du moins ce qu'il a dit—songer à s'y engager à fond. C'est le cas des recherches spatiales. Si c'est aussi compliqué qu'on le dit et si l'on met en marche un programme de cette nature—ce que je me refuse à croire—il vous faudra appliquer les mêmes normes sur les plans économique, scientifique, technique et administratif.

M. NUGENT: Croyez-vous qu'avant de traduire dans la réalité les résultats que nous avons cherché à obtenir nous-mêmes, nous aurions dû faire le point et nous dire «C'est vraiment affecter trop d'argent à un aspect particulier de notre programme nucléaire au Canada; il vaut mieux y renoncer»?

M. DAVIS: J'ai proposé, dans mes recommandations, que d'autres fassent les mêmes calculs que moi. C'est un simple conseil. S'ils en viennent aux mêmes conclusions que moi, ce dont je n'ai aucun doute, il faudra reconnaître que les résultats d'un programme à but unique, comme semble l'être celui qui nous occupe, ne sont pas proportionnés aux frais et aux risques assumés. Voilà ce que je propose.

M. NUGENT: A la page 2, vous dites que des sociétés comme General Electric, Westinghouse et autres, qui mettent au point et fabriquent des appareils électriques lourds, profiteront de notre programme.

M. DAVIS: Espérons-le.

M. NUGENT: Vous signalez l'utilité de la production d'énergie et vous comparez le chiffre de 40 millions de dollars de notre programme nucléaire à la somme de 100 millions qu'on affecte chaque année aux génératrices et à l'équipement. Ne serait-il pas un peu plus exact d'inclure aussi toutes les industries d'extraction et de production d'uranium?

M. DAVIS: J'inclurais les mines si vous pouviez me prouver que ce programme comporte une plus grande consommation d'uranium qu'un autre.

M. NUGENT: C'est ce que j'aurais dû dire sans doute. Vous voulez dire que ce n'est pas parce que le Canada a mis au point son propre réacteur et ses propres combustibles que l'industrie d'extraction de l'uranium en profitera nécessairement.

M. DAVIS: Je voudrais inclure dans la colonne de l'actif la quantité supplémentaire d'uranium qu'on a extraite et les avantages obtenus par les industries d'extraction et de transformation de l'uranium, par celles, par exemple, qui fabriquent pour l'exportation les barres de combustible et d'autres substances autres que l'uranium naturel. C'est un rôle que nous jouons depuis longtemps au Canada. Si ce sont là des avantages obtenus de programmes de recherches, vastes ou limités, il faut les inclure dans la colonne de l'actif possible du bilan.

M. NUGENT: Je dis que ce sont des avantages possibles maintenant. N'ai-je pas raison?

M. DAVIS: Certains éléments que j'ai mentionnés ne sont pas à proprement parler des avantages. De fait, si je trouve à redire c'est qu'on a affirmé

trop souvent que l'enrichissement de l'uranium n'est pas en cause du tout. Voilà certainement un programme dont les avantages se ramènent à zéro.

M. NUGENT: Pour revenir à votre comparaison entre les sommes de 100 et de 40 millions; le premier de ces chiffres représente la production réelle et le deuxième le programme de recherches. Ne serait-il pas plus juste de comparer un chiffre représentant le marché possible pour les génératrices et la machinerie, au chiffre représentant le programme de recherches?

M. DAVIS: Le chiffre de 100 million est trop élevé, il équivaut au coût des réacteurs qu'il nous faudrait si nous avions un programme nucléaire. Il représente ce que dépensent aujourd'hui les services d'utilité publique qui achètent de la Westinghouse et de la General Electric, importent des pièces et ainsi de suite. C'est le chiffre d'affaires de cette industrie de fabrication au Canada. Elle reçoit 40 millions du gouvernement pour s'agrandir. Je dis qu'il doit exister un rapport entre l'industrie canadienne et le programme de recherches dans ce domaine.

M. NUGENT: Ne serait-il pas juste d'ajouter à cette somme de 100 millions les avantages possibles pour d'autres industries, celle de l'extraction de l'uranium par exemple?

M. DAVIS: Je le crois; plus elles sont nombreuses et plus elles ont d'envergure, plus le chiffre s'élève. Comme je le disais, le chiffre de 100 millions n'est qu'une estimation.

M. BEST: C'est précisément ce point qui me préoccupe, monsieur le président. Il est difficile de comparer ce chiffre, ou les achats d'articles pour lesquels on a dépensé beaucoup aux étapes antérieures, au chapitre des recherches et de la mise au point, au chiffre de l'ensemble de notre programme nucléaire. Ne croyez-vous pas qu'aux étapes de la recherche et de la mise au point il faut dépenser proportionnellement plus d'argent par rapport aux avantages qu'on peut en espérer?

M. DAVIS: Voulez-vous dire que c'est le Conseil national de recherche qui doit déterminer les éléments de ce programme? La valeur de la recherche de base ne se mesure pas à ses résultats; sa productivité n'est qu'accessoire.

M. BEST: L'équipement classique des usines thermiques, représenté par le chiffre de 100 millions, a sans doute largement contribué dans le passé aux progrès que permet de réaliser maintenant cette somme de 40 millions, n'est-ce pas?

M. DAVIS: Pour deux pour cent peut-être de ces 100 millions.

M. BEST: C'est tout?

M. DAVIS: Tout était fabriqué sous le régime des redevances; cela devrait représenter au plus 6 p. 100. Beaucoup de ces brevets sont périmés. Une faible part seulement a été affectée aux recherches et à la mise au point ou à l'équivalent.

M. BEST: Ce raisonnement serait exact, avez-vous dit—c'est du reste le raisonnement de M. Nugent—si nous étions sûrs d'utiliser plus d'uranium (vous avez mentionné à ce sujet le problème des redevances) et si nous achetions, mettons, du matériel et des réacteurs à l'étranger. Mais la question est-elle aussi simple que cela? Quel que soit le réacteur que nous achetions à l'étranger, ces possibilités d'achat seraient-elles vraisemblablement les mêmes si nous n'avions pas fait l'expérience de certains types de réacteurs au Canada? Notre programme aurait-il été mis en marche aussi tôt et sur une aussi grande échelle si le Canada n'avait jamais fait l'essai d'un réacteur alimenté à l'uranium?

M. DAVIS: Je n'en suis pas sûr du tout; vous avez peut-être raison.

Dans l'Ouest, nous n'en continuerions pas moins à étudier avec soin des solutions de rechange. Ces recherches pourraient être poussées un peu plus

loin avant qu'on décide d'acheter un réacteur britannique. Récemment, nous avons aménagé un certain nombre de grandes installations surtout avec de l'équipement venant de l'Europe de l'Ouest. Nous sommes au courant des progrès techniques; la documentation est très volumineuse et les gens voyagent beaucoup et savent ce qui se passe aux États-Unis et au Royaume-Uni. Les fabricants font de fréquentes visites ici et là pour étaler leurs produits.

M. BEST: Cette somme de 40 millions peut sans doute se décomposer en petits montants mais des sommes assez importantes intéressent d'autres projets, par exemple des sous-produits spéciaux de substances radio-actives dont quelques-uns sont exportés, ou l'étude de problèmes de sécurité, d'évacuation ou de biologie. Il n'est pas juste de dire que ces projets resteraient en plan sans notre programme de réacteurs; d'autre part, il me semble difficile de les inclure dans une comparaison avec l'achat d'articles ordinaires de ferronnerie.

M. DAVIS: Dans mes projections sur le rapport coût-avantages, j'ai estimé entre 40 et 30 millions de dollars le coût des travaux effectués à toutes autres fins. Je serais très heureux qu'on fasse une analyse beaucoup plus minutieuse du chiffre que j'ai proposé.

M. BEST: Comme l'a dit M. Nugent, nous portons toute notre attention ici sur les problèmes afférents au combustible; il est difficile de faire abstraction des avantages obtenus, aux chapitres de l'industrie et de l'emploi, de l'extraction de l'uranium. Or c'est un élément qui compte pour beaucoup dans cette comparaison.

M. ROBINSON: Monsieur le président, à la page 2 du mémoire de M. Davis sur «Le côté économique de l'énergie nucléaire au Canada», je lis:

Certaines régions, le sud de l'Ontario notamment, manquent déjà de ressources énergétiques.

M. Davis connaît assez bien sans doute l'Hydro ontarienne. Sauf erreur, la demande d'énergie en Ontario aura beaucoup augmenté dans 20 ans et l'énergie obtenue de la houille qu'il nous faut importer représentera des achats annuels de 300 millions. Si je comprends bien, on pourrait obtenir cette énergie de l'atome. Comme nous consommons pour environ un million et demi de dollars d'uranium, nous pourrions ainsi économiser 150 millions par an au chapitre du change. Ne fût-ce que pour ce motif, ne croyez-vous pas, monsieur Davis, que ce projet est avantageux?

M. DAVIS: Si l'Hydro ontarienne, dites-vous, n'avait pas d'autres moyens de production—vous excluez donc les réacteurs britanniques et américains...

M. ROBINSON: Je dis que si elle obtenait cette énergie de la houille...

M. DAVIS: Si elle n'avait pas d'autre source d'énergie que la houille, il lui faudrait en importer pour 300 millions de dollars par année ou acheter pour 150 millions de dollars d'uranium de l'industrie de transformation. L'économie nette réalisée serait par conséquent de 150 millions. Évidemment, on pourrait aménager des usines beaucoup plus coûteuses alimentées à l'uranium plutôt qu'au charbon. Le coût en retomberait sur les consommateurs. Ce sont eux qui paieraient en définitive mais il se peut que les usines soient de fabrication canadienne. C'est une question de balance des paiements. Je ne sais pas pendant combien de temps encore nous pourrions parler de nous libérer de la dépendance des États-Unis pour nos approvisionnements de houille tout en continuant d'exporter de l'Ouest de l'énergie hydraulique et toutes sortes de produits du pétrole et du gaz. Sur le plan national, cela ne tient pas debout mais en fonction de l'indépendance économique de l'Ontario et même du Canada, cela donne à réfléchir, je vous l'accorde. Cependant, aux yeux de l'économiste, cette thèse n'a pas de sens. L'argument ne vaut que sur le plan de l'indépendance économique, dans le contexte étroit d'une rivalité entre la houille et l'uranium.

M. ROBINSON: Croyez-vous que ce serait une bonne chose sur les plans économique et national?

M. DAVIS: Je ne le crois pas. Si nous pouvions nous suffire à nous-mêmes, nous en éprouverions peut-être un certain sentiment de bien-être.

M. McILRAITH: Il ne s'agit pas ici du sentiment de bien-être que pourrait nous procurer cette indépendance. Il s'agit du grave problème de la balance des paiements; l'élimination d'un produit que nous importons au rythme de 300 millions de dollars par année est assurément un fait économique concret. C'est beaucoup plus qu'une sensation de bien-être.

M. DAVIS: Ce n'est pas le mois ni l'an prochain que nous pourrions résoudre pour 1980 le problème de la balance des paiements. Or c'est de la balance des paiements en 1980 dont nous parlons en ce moment.

M. McILRAITH: A mon avis, c'est une question dont il faudrait confier l'étude à un organisme spécial au Canada, car il nous faudra nous attaquer un jour ou l'autre à ce problème de la balance des paiements. Peut-être faudrait-il nous y mettre dès maintenant.

M. DAVIS: J'ai toujours été dérouté par ces problèmes d'énergie. Cependant, si nous subventionnons la vente de charbon de la Nouvelle-Écosse à l'Ontario; si le gouvernement aide à la construction d'un pipeline de gaz naturel vers l'Ontario; s'il facilite le transport du pétrole vers cette province et si nous cessons toute importation de charbon américain, le problème sort totalement de la sphère économique. Cela ne me paraît guère logique.

M. McILRAITH: Ce n'est guère logique mais on peut envisager sous une optique différente les problèmes que vous mentionnez à propos des subventions pour la vente de charbon de la Nouvelle-Écosse en Ontario. On peut dire tout aussi bien que c'est l'Ontario qui subventionne la production de houille en Nouvelle-Écosse. Le problème peut se poser sur deux ou trois plans différents.

M. DANFORTH: Monsieur Davis, les prémisses de votre thèse économique se fondent sur les connaissances actuelles quant au potentiel des réacteurs, n'est-ce pas?

M. DAVIS: Vous voulez dire sur les renseignements dont je dispose. Je ne prétends pas être au courant de tout.

M. DANFORTH: Vos prémisses et vos calculs sur l'énergie nucléaire ne seraient-ils pas démolis si, d'ici deux ans mettons, cette somme de 4 millions permettrait de mettre au point un réacteur coûtant moitié moins cher et pouvant produire de l'énergie pour 4 ou 3 millièmes par exemple? Quelles seraient alors vos conclusions?

M. DAVIS: Cela renverserait complètement mes calculs. Je me suis fondé simplement sur les prévisions de personnes directement liées à ce domaine d'activité. Elles sont d'avis que l'énergie nucléaire se vendra à un prix de concurrence vers la fin des années 60 dans le sud de l'Ontario et au cours des années 70 dans d'autres parties du Canada. Votre hypothèse amplifie soudainement les avantages et rapproche de beaucoup l'échéance.

M. DANFORTH: Croyez-vous que ce crédit de 40 millions serait motivé si, d'ici cinq ans mettons, on progressait au point d'abaisser le coût de production à 3.5 millièmes?

M. DAVIS: En me reportant à cinq ans, vous m'embarrassez un peu. Je fais la projection des calculs dans le temps mais, si un progrès marqué avait lieu d'ici cinq ans, le rapport coût-avantages en serait complètement bouleversé et deviendrait très favorable.

M. DANFORTH: Ne serions-nous pas dans ce cas dans une situation très favorable? Si ces recherches n'étaient pas rentables et si ce progrès ne se réalisait

pas ou s'il se réalisait dans un pays étranger qui fait des recherches analogues aux nôtres, nous nous trouverions n'est-ce pas dans une situation quasi désespérée?

M. DAVIS: Je ne sais pas si elle serait désespérée. J'ignore dans quelle mesure le Canada, ou n'importe quel autre pays, pourrait réclamer des redevances. Il faudrait peut-être en venir à un compromis. Si un pas décisif était franchi quelque part, vous pouvez être sûr que Chalk-River en profiterait. Il est certain que l'industrie de l'énergie accepterait de meilleure grâce un réacteur canadien mais elle se tournerait vers les réacteurs construits ailleurs dès qu'il y en aurait sur le marché.

M. DANFORTH: Tenons pour certain un crédit de 40 millions. Si cette somme nous permet de construire, d'ici cinq ans, un réacteur moins coûteux, ne serons-nous pas par le fait même dans une situation enviable?

M. DAVIS: Plus vous rapprochez l'échéance, plus votre situation est favorable. Ainsi l'entreprise deviendrait beaucoup plus rentable. Pour savoir à quoi vous en tenir là-dessus, il vous faudrait consulter les spécialistes en matière de plans, de coût de revient, etc. Le *Financial Post* a publié le 29 mars un article dont l'auteur serait, dit-on, M. Harold Smith, qui a comparu devant votre Comité. La question des plans y tient beaucoup de place. M. Smith est ingénieur en chef à l'Hydro ontarienne. Il prévoit que l'énergie nucléaire coûtera beaucoup moins cher que la houille en 1975.

M. DANFORTH: D'après les avantages qu'on pourrait en retirer dans 15 ans suivant une projection des données actuelles?

M. DAVIS: En effet. Les administrateurs doivent rechercher les conseillers les plus éclairés qu'ils puissent trouver; chaque année, ils doivent mettre en regard les frais et les avantages et établir le rapport entre eux.

M. DANFORTH: On ne prévoit pas de progrès marqué d'ici 15 ans?

M. DAVIS: Ce progrès dont vous parlez est un terme relatif. Il faudrait qu'on avance à pas de géant.

M. DANFORTH: Dans vos projections, vous ne prévoyez pas de progrès très marqué?

M. DAVIS: Elles supposent que l'énergie nucléaire sera offerte à un prix de concurrence partout au Canada en 1970, ce qui veut dire qu'on fera de grands progrès d'ici là. Rien de sensationnel n'est prévu mais, dans plusieurs domaines de moindre importance, nous continuons d'avancer.

M. DANFORTH: Pour la mise de fonds dans les installations, vous avez conservé intacts les mêmes chiffres?

M. DAVIS: Il me faut aligner cette mise de fonds sur le coût correspondant du charbon, de la houille et du gaz en 1970. Je n'ai pas dit ce que c'était. Pour 1970, l'économie est nulle; pour 1975, elle est d'un millième et pour 1980 de 2 millièmes, au chapitre soit du combustible soit des immobilisations. Je n'ai pas précisé ce que serait la mise de fonds; mes calculs portent sur l'économie réalisée.

Le PRÉSIDENT: Nous voulons accorder quelques instants à M. Gray; il est sur son départ pour outre-mer.

M. GRAY: Monsieur le président, je ne sais trop ce que M. Davis a voulu démontrer. A mes yeux, il n'a rien prouvé mais je ne suis pas un économiste. Je voudrais avoir l'occasion d'étudier ce document d'un peu plus près. Nous avons analysé les travaux qu'a faits M. Davis ces dernières années; nous n'avons jamais été d'accord avec lui, je pense, mais cela ne veut pas dire nécessairement qu'il ait tort, ni que nous ayons tort, sur toute la ligne.

Au moyen de projections comme les siennes, on pourrait prouver à peu près n'importe quoi.

Des membres du Comité ont soulevé certaines questions. Il y a d'abord cette somme de 40 millions dont parle M. Davis; il dit que son estimation n'était que de 30 millions. Ce chiffre est tout à fait erroné. La somme de 40 millions représente le budget global de l'A.E.C.L.: de fait, notre budget est légèrement inférieur à ce chiffre cette année. La plus grande partie, ou beaucoup plus de la moitié—nous pouvons en faire la décomposition, si vous le désirez—n'est pas affectée directement à la production d'énergie nucléaire. Nous sommes l'organisme de recherches du gouvernement canadien en matière d'énergie atomique. Nous étions autrefois une division du Conseil national de recherche, mais nous avons grandi et on nous a confié tout ce secteur. Par conséquent, tout ce qui a trait à la physique et à la chimie nucléaires, à la biologie et à la médecine radiologiques, relève de l'A.E.C.L. Ce sont des travaux très utiles; M. Davis ne voudrait pas, j'en suis sûr, qu'on nous retire cet appui.

M. DAVIS: Non, pas du tout.

M. GRAY: Pour que votre argument principal soit valide, il faudrait lui appliquer un coefficient de deux. Ces coefficients n'incommodent pas les économistes et il est probable que vos conclusions finales n'en seraient guère modifiées dans ce cas-ci.

En second lieu, M. Davis essaie d'exprimer par une formule mathématique les effets de la recherche et de la mise au point. A l'étape où en est l'industrie secondaire au Canada, cela me paraît impossible. Reportons-nous à une observation qu'il fait à la page 10 de son mémoire:

L'épreuve par excellence, à mon avis, consiste à nous demander ce que nous coûteraient ces recherches si elles étaient faites ailleurs.

Ce serait, à mon sens, rendre un bien mauvais service au Canada que de supposer que nous devrions être à la remorque de l'étranger en matière de recherche et de perfectionnement. M. Davis a dit récemment, je pense, que selon lui il faudrait intensifier la recherche et le perfectionnement au Canada. Nous sommes pleinement d'accord là-dessus; on aurait complètement tort de proposer que nous nous en remettions à l'étranger. C'est un des moyens les plus sûrs de ruiner l'avenir du Canada sur le plan industriel.

M. DAVIS: Vous avez détaché ce passage du contexte, monsieur Gray. Je propose un moyen d'établir un juste équilibre entre le coût et les avantages. C'est ainsi qu'on verra si le rapport entre les deux est approprié.

M. GRAY: Je soutiens également que le rapport coût-avantages n'est pas une norme valable pour mesurer l'importance de l'industrie de la recherche et du perfectionnement au Canada.

M. DAVIS: Elle a ceci de bon, cependant, qu'elle est utilisée par un grand nombre d'hommes d'affaires qui veulent réussir.

M. GRAY: Nous n'y trouvons rien à redire. Dans un contexte approprié, elle peut être très utile. Je ne veux faire que quelques observations car je devrai me retirer dans un instant. Je suis sûr que M. Lewis voudra vous exposer quelques considérations d'ordre technique. A la page 3, M. Davis déclare:

Ce n'est que si le coût actuel de construction des réacteurs peut être réduit de moitié et le coût des combustibles nucléaires abaissé, mettons à un millième par kW-heure, que l'atome pourra vraisemblablement répondre à une part appréciable des besoins d'électricité à l'ouest des Grands lacs.

Ce moment approche rapidement, je crois. Notre objectif actuel est un combustible coûtant un millième par kilowatt-heure. Sachant dans quelle mesure le coût des réacteurs britanniques a été abaissé jusqu'ici—ce n'est là qu'un exemple des progrès déjà réalisés—on peut prévoir que les frais seront bientôt réduits de moitié par rapport au coût des premiers réacteurs.

A l'étape où nous en sommes, l'estimation de M. Davis pour 1970 me semble exagérée; elle ne saurait s'appliquer uniformément à tous les réacteurs partout au Canada. Je ne prévois pas que l'emploi des réacteurs puisse être rentable au début des années 70 dans les provinces des Prairies ou dans certaines régions de la Colombie-Britannique. Je crois donc cette estimation très optimiste. Néanmoins, nous sommes sur le point d'atteindre l'objectif dont il parle.

A la page 7, il déclare:

Cependant, affirmer que les centrales nucléaires pourront un jour ou l'autre répondre à une large part de nos besoins futurs, c'est faire fi des principes élémentaires d'une saine planification.

Il est au courant, je pense, de ce que l'Hydro ontarienne entend faire de l'énergie atomique en 1980. Si 6 ou 7 millions de kilowatts représentent peu de chose pour ce réseau, je me suis trompé lamentablement.

M. DAVIS: L'Hydro prévoit 20 millions de kilowatts, dont 6 millions de kilowatts nucléaires.

M. GRAY: N'est-ce pas un chiffre élevé pour n'importe quel réseau?

M. DAVIS: Oui, mais je l'ai réduit de moitié dans mon exemple.

M. GRAY: Si vous donnez à entendre que les planificateurs de l'Hydro ontarienne ne connaissent pas leur affaire, vous n'êtes pas au bout de vos difficultés.

M. DAVIS: J'ai le plus grand respect pour eux.

M. GRAY: Je ne comprends pas très bien le tableau n° 2 de la page 8. Tous les chiffres officiels afférents au coût de l'énergie que l'A.E.C.L. a utilisés sont en réalité des données que l'Hydro ontarienne a recueillies pour nous. Ces calculs se fondent sur l'expérience de l'Hydro. Je ne puis vérifier chaque chiffre en particulier mais les documents que nous avons publiés ne s'appuient certainement pas sur des données factices de comptabilité. Je sais, pour ma part, qu'elles nous viennent d'un important service d'utilité publique. Je ne vois pas comment, en passant des chiffres de l'A.E.C.L. au «financement public», on puisse ajouter 1.6 millièmes. Une analyse s'impose ici.

M. DAVIS: Il y a quelques années, et de nouveau l'an dernier, j'ai écrit à ce sujet à plusieurs services d'utilité publique répartis un peu partout au Canada. Plusieurs éléments de frais ne figurent pas dans les calculs de l'A.E.C.L.; si vous faites des estimations analogues touchant les usines ordinaires, vous pouvez fort bien comparer les deux. Mais ces chiffres ne représentent pas le coût global. Au dernier alinéa, pour le financement d'État, j'ai donné le chiffre de 8.8. Pour l'Hydro manitobaine, je sais qu'il serait effectivement de 10.5.

M. GRAY: Tout ce que j'ai dit c'est que l'Hydro ontarienne fait ces calculs pour nous; c'est sur ces calculs qu'elle se fonde pour acheter de nous de l'énergie et la revendre aux consommateurs.

M. DAVIS: Elle ne peut se servir de ces calculs pour la vente, car certains éléments de frais n'y figurent pas. Elle peut les utiliser à des fins de comparaison.

M. GRAY: J'en discuterais plutôt avec M. Harold Smith pour déterminer quels sont les éléments de frais dont on n'a pas tenu compte.

Je suis sûr que ce que dit M. Davis à la page 11 ne rend pas son idée. Je cite:

Un programme de recherches et de perfectionnement, scientifiquement préparé et exécuté, nous aiderait à lancer de nouvelles industries et à abaisser nos frais. S'il était de l'ordre de plusieurs millions de

dollars, il ne pourrait manquer de rapporter à la nation des résultats immédiats et tangibles.

Il est très rare que les frais de recherches et de perfectionnement rapportent des avantages rapides. Par rapides, M. Davis entend peut-être vingt ans ou un an. La recherche et le perfectionnement ne paient pas rapidement.

Une impression générale me reste de l'ensemble de ce mémoire. L'auteur semble appuyer beaucoup sur l'affectation de fonds à une fin unique: la mise au point d'une centrale d'énergie nucléaire. J'ai expliqué plus d'une fois aux membres du Comité qu'une large part de nos dépenses et de nos travaux de simple mise au point portent sur la recherche et le perfectionnement dans l'industrie canadienne.

J'ai rappelé que cette année nous affectons environ 8 millions à des contrats de recherche et de perfectionnement afférents à l'industrie canadienne. Si vous jetez un coup d'œil sur la liste qui figure au dossier, vous y verrez qu'il est assez difficile de rattacher toutes les rubriques à l'énergie nucléaire. De fait, pas plus de la moitié environ, je suppose, lui sont apparentées. Une bonne partie de notre effort porte uniquement sur la mise en valeur d'un potentiel, dont notre pays aura un pressant besoin plus tard; nous voulons être en mesure d'exécuter nous-mêmes les travaux de recherches et de perfectionnement nécessaires à nos propres fins. Il est tout à fait inexact de dire que notre programme entier est orienté vers la mise au point d'une centrale d'énergie nucléaire.

M. Lewis voudrait peut-être exposer quelques considérations d'ordre technique.

Le PRÉSIDENT: Avez-vous terminé, monsieur Gray?

M. GRAY: Oui.

Le PRÉSIDENT: Avez-vous quelque chose à ajouter, monsieur Davis, à propos des dernières observations de M. Gray?

M. DAVIS: Un mot seulement à propos de la concordance ou de la divergence des opinions ces dernières années. Avant la nomination de M. Gray à son poste actuel, je préparais à l'occasion certains travaux pour son prédécesseur, M. Bennett. Il s'agissait toujours de travaux d'ordre très général; c'est pourquoi je ne suis pas renseigné à fond sur les détails scientifiques et techniques du programme bien que j'aie apporté à ces travaux, je l'espère, un certain bagage de connaissances sur l'économie en général, sur nos autres industries canadiennes et sur d'autres sources possibles d'énergie.

Je me rappelle qu'au début de cette collaboration, M. Lewis notamment, ainsi que certains ingénieurs, m'ont convaincu que l'énergie nucléaire se taillerait une place sur le marché d'ici cinq ou six ans. Avec leur concours, j'ai préparé un document, présenté à Genève, qui prédisait que l'énergie nucléaire prendrait pied sur le marché en 1961. Ce n'étaient que de vaines prédictions. A mesure que je me renseignais davantage sur le programme, je devenais plus prudent. Lorsque j'ai préparé mon travail pour la Commission royale sur les perspectives économiques du Canada, j'ai eu l'audace de dire que l'énergie nucléaire ne pourrait pas pénétrer sur le marché avant la fin des années 60. Je suis sûr que cette prédiction a beaucoup embarrassé la plus grande partie du personnel de l'A.E.C.L. Toute cette histoire de dates-limite semble se déplacer dans le temps; si je semble en désaccord pour ce qui est du délai qu'il faut prévoir, demandez plutôt à la direction des services d'utilité publique ce qu'elle en pense. On parle maintenant d'un délai de vingt à trente ans. Là-dessus, je ne suis pas tout à fait d'accord avec eux, pas plus qu'avec l'A.E.C.L.; j'occupe à certains égards une position intermédiaire.

Le PRÉSIDENT: D'autres commentaires ou d'autres questions, messieurs?

Il est maintenant cinq heures moins quart, voulez-vous interroger M. Lewis? Peut-être a-t-il quelques commentaires à faire.

M. NUGENT: M. Lewis voudra peut-être commenter quelques-uns de ces points. Son nom a été très souvent mentionné.

M. DANFORTH: Il faudrait entendre M. Lewis, je pense.

M. LEWIS: Monsieur le président, je suis prêt à exposer mes vues sur n'importe laquelle de ces questions.

Je puis commencer par la discussion avec M. Karl Cohen à propos du coût de revient.

Si l'on se reporte au mémoire de M. Davis sur la rentabilité de la production d'eau lourde au Canada, on y voit qu'à la page 9, il dit qu'il faut au Canada environ 9,000 mégawatts, soit 9 millions de kilowatts d'électricité. A l'Appendice I, page 15, il démontre que, pour répondre à cette demande de 9 millions de kilowatts—si l'on fait le total des éléments de frais—il faudrait affecter 360 millions de dollars aux fabriques d'eau lourde nécessaires à cette production. Cela représente donc 40 dollars par kilowatt.

Vous avez entendu les chiffres qu'il a mentionnés plus tôt; ils atteignaient 73 dollars. Or, voici qu'un exemple qu'il fournit lui-même aboutit au chiffre de 40 dollars. J'ai aussi cité un autre chiffre, encore plus bas. De toute évidence, il se trouvera réduit encore davantage par suite des progrès techniques apportés aux méthodes de production d'eau lourde. Le document D.P. 570 que vous avez en main indique que le chiffre réel est peut-être deux fois moindre. Je ne vois donc pas pourquoi M. Davis se reporte au passé pour prouver une chose à laquelle il ne croit pas, si l'on s'en remet à ce qu'il écrit.

M. DAVIS: Ce petit débat est passablement déroutant. Mon point initial, que j'ai démontré, je l'espère (c'est-à-dire que les immobilisations pour les fabriques d'eau lourde seront comparables, mettons vers le milieu des années 70, au coût d'une usine d'enrichissement de l'uranium) reste valide. Le prix exprimé en dollars par kW varie sur toute la ligne, suivant le rythme prévu de perfectionnement nucléaire. C'est ce qui ressort des chiffres de M. Lewis, des chiffres de M. Cohen et des miens.

M. LEWIS: Nous convenons tous que cela dépend du rythme de perfectionnement. Je signale simplement, en me reportant au tableau, ce que M. Davis a prévu dans ce cas particulier. Tous ces tableaux sont parfaitement exacts si on les envisage sous la même optique que leur auteur.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, M. Gray est pressé. Il a en main les renseignements demandés ce matin à propos de la garantie de la part de la *Shawinigan Engineering*.

M. GRAY: Vous vous rappelez que ce matin il a été question de la garantie exigée de la *Shawinigan Engineering*, à savoir que la coupole du réacteur canado-indien résisterait à une pression de 5 livres par pouce carré.

J'ai écrit à ce sujet à la *Shawinigan Engineering* le 7 février 1958. Le 26 avril 1958, notre représentant à Bombay a reçu de cette société une lettre certifiant que l'immeuble pourrait soutenir une pression de 5 livres par p.c. A ce moment-là, la Division de l'énergie atomique supposait qu'une épreuve aurait lieu. Dans sa lettre, la *Shawinigan Engineering* disait simplement «Nous sommes disposés à donner cette garantie sans épreuve».

Par la suite, il a été convenu à Vienne—de fait, c'était en septembre 1958—qu'aucune vérification de la résistance ne serait effectuée mais qu'on ferait une épreuve pour les fuites (il y a eu plusieurs de ces épreuves et elles se continuent). Nous recevrons bientôt—elle a déjà été mise à la poste—une garantie définitive de la *Shawinigan* portant que l'immeuble peut très bien résister à une pression de 5 livres par p.c. Pendant que j'étais à Bombay, entre le 4 et le 7

février 1958, M. Bhabha, afin d'éclaircir cette question de la sécurité de l'immeuble, a fait venir un expert allemand en tension, alors attaché à Tata. Nous avons causé avec lui et il nous a paru très calé. Ses méthodes étaient excellentes. Il ne voyait pas pourquoi l'immeuble ne serait pas absolument sûr. Après certains calculs, il a abouti à un chiffre indiquant que, sous une pression de 5 livres, la tension de l'acier serait de 4,000 livres par p.c. dans les pires conditions, ce qui équivaut au tiers du chiffre habituellement prévu pour l'acier. L'immeuble a donc un facteur de sécurité de 12 environ. Cette garantie, de même que l'opinion de la *Shawinigan Engineering* et le témoignage de ce spécialiste allemand ont complètement rassuré les Indiens quant à la solidité de l'immeuble.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, êtes-vous prêts à ajourner?

Des VOIX: D'accord.

Le PRÉSIDENT: Notre prochaine réunion aura lieu mardi après-midi, le 6 juin, à 2 heures et demie. Je ne sais pas dans quelle salle mais nous aurons probablement deux réunions ce jour-là. M. Mackenzie sera présent lui aussi, de même que MM. Stewart et Butler.

M. MCILRAITH: Qui dites-vous?

Le PRÉSIDENT: M. Mackenzie.

M. MCILRAITH: M. C. J. Mackenzie?

Le PRÉSIDENT: Oui. Il parlera des facteurs de sécurité. Cette question préoccupe certains membres du Comité; nous avons cru que ce témoin pourrait nous éclairer là-dessus. MM. Butler et Stewart seront présents également.

M. AIKEN: Il convient de remercier M. Davis de son mémoire et des deux appendices qu'il a préparés.

Le PRÉSIDENT: Monsieur Davis, au nom du Comité, je désire vous remercier sincèrement de votre présence ici aujourd'hui; nous nous rendons tous compte, soyez-en sûr, qu'un travail comme celui que vous nous avez présenté exige beaucoup de réflexion. Votre mémoire était exceptionnellement bien rédigé et nous vous remercions du temps et des efforts que vous lui avez consacrés.

M. DAVIS: Merci, monsieur le président.

Le PRÉSIDENT: Avant que M. Gray parte pour la Suède, je voudrais, au nom du Comité, lui exprimer nos remerciements, à lui et à ses associés. Nous lui souhaitons un fructueux voyage.

M. GRAY: Merci, monsieur le président.

## APPENDICE A

## LA RECHERCHE: UN DÉFI PORTÉ À LA DIRECTION

Des questions de technicalité ont rendu tellement obscures de récentes découvertes dans le domaine de la science que peu d'entre elles peuvent être mises à profit tant qu'on n'aura pas entrepris une réelle mise au point. La recherche fondamentale, la recherche appliquée, les progrès technologiques et les techniques de production deviennent donc un élément grandissant de l'activité, de sorte que la direction supérieure doit y consacrer beaucoup de ses réflexions. La puissance de la recherche, dans son sens le plus large, peut être l'un des facteurs déterminants de la suprématie économique. Mais l'art de maîtriser ce procédé— ou de mobiliser l'observation créatrice et de diffuser les résultats de la recherche de base à travers toutes nos opérations, de la production à la mise en vente— est peut-être le premier besoin. Tant que nous ne l'aurons pas mis au point, nous devons nous contenter d'être à la remorque plutôt qu'à la tête du progrès.

Cette question de l'intégration se ramène à la façon dont les idées se communiquent d'un secteur de l'économie, ou d'un rayon ou division d'une compagnie, au secteur voisin. Dans bien des entreprises canadiennes, la «recherche» ne dépasse guère le stade des essais techniques ou des redressements courants; dans d'autres, elle est trop théorique, c'est-à-dire qu'elle s'oriente trop peu vers les besoins commerciaux. Une mauvaise conception générale, du moins dans le dernier cas, c'est que la recherche est naturellement un procédé de gauche à droite... c'est-à-dire que la recherche fondamentale donne un résultat qui peut alors être communiqué à l'ingénieur qui fait quelque recherche appliquée et qui, à son tour, fait part de ses découvertes à quelqu'un d'autre qui est encore plus près du domaine commercial. Il existe peu de cas où l'on relève un échange de droite à gauche par où plusieurs personnes ne faisant pas partie du monde de la recherche ont mis de l'avant des idées de valeur de leur propre cru.

En d'autres termes, il est souvent impossible de dire si l'initiative d'entreprendre un programme fructueux de recherche et de développement est attribuable en premier lieu au service des recherches, ou au service des ventes, ou bien au personnel de la production. Les spécialistes de la recherche peuvent donner naissance à un plus grand nombre de «bonnes idées» que les autres groupes pris individuellement. Néanmoins, la vision commerciale, c'est-à-dire une prudente évaluation des possibilités du marché, joue un rôle primordial. Les clients font connaître leurs désirs, qui font le tour du circuit. Chaque individu des cadres finit par y avoir sa part, et à la suite de ce brassement d'idées on atteint le résultat le plus désirable. De la sorte, on peut rarement dire qu'un homme de science a été par lui-même le seul initiateur, voire le seul architecte, de ce procédé de croissance et de diversification industrielles.

Il y a deux écoles de pensée en ce qui concerne l'administration de la recherche industrielle. Un premier groupe croit que la recherche est une activité créatrice, dont s'acquittent des hommes impressionnables et nerveux. Vous avez l'impression que, si vous posez aux chercheurs trop de questions sur ce qu'ils font, cela va les énerver tellement qu'ils ne seront pas capables de faire du bon travail. Toute entreprise dotée d'un service de recherches

qui a raisonnablement de succès devrait se réjouir de ce qu'il accomplit et laisser ces hommes de talent à leur œuvre. Il ne fait pas de doute que cette conception un peu simpliste a reçu la bénédiction de quelques chefs de services de recherche, qui ont vu un moyen d'empêcher les autres de se mettre le nez dans leurs petites affaires.

L'école opposée recrute les financiers et les administrateurs, qui sont responsables des questions de finance et d'organisation. La recherche, à leurs yeux, est tout simplement une autre forme d'immobilisations. Vous engagez telle somme d'argent dans un projet donné dans l'espoir que vous en tirerez un profit. Pour ces gens, la recherche s'apparente à la prospection. Vous pouvez ou non découvrir une mine d'or. Le succès peut se traduire par un gros coup d'argent. Bien qu'il fasse appel à des connaissances, il peut quand même se vendre à un certain prix. Et parce que les résultats de cette vente peuvent s'identifier à la notion de temps et de lieu, des méthodes comptables classiques pourraient servir à terminer la valeur intrinsèque de la découverte en question.

A mon avis, ces deux attitudes sont fausses. Elles représentent des points de vue extrêmes, dont l'un et l'autre doivent être modifiés par les circonstances où se trouvent l'entreprise. Bien sûr, la recherche a pris trop d'importance pour que la direction supérieure ne s'en préoccupe pas. Le directeur des recherches ne doit plus avoir la liberté de tout mener à sa guise. Au contraire, il doit participer à la direction supérieure. Je suis fermement convaincu que cela s'applique non seulement aux grandes entreprises mais aussi au gouvernement de la nation. Des pays ont déjà un ministre de la Recherche et du Développement industriels. Il nous reste encore au Canada à reconnaître l'importance de la science et de la technologie de cette façon plutôt éclatante mais non moins appropriée.

Toute cette activité en fait de recherches demande, cependant à être surveillée. Si elle n'est pas bien dirigée, elle peut être aussi improductive que toute autre initiative. Elle doit certainement s'inféoder avec les objectifs généraux d'une nation, d'une industrie ou d'une compagnie. Une préparation soignée suppose que ceux qui sont responsables de nos travaux de recherche et de développement doivent avoir une idée bien nette de la limitation de nos moyens. Ils doivent tenir bien compte de la capacité du marché canadien et ils doivent s'attendre à beaucoup de concurrence le long de la route. Bien des imprévus peuvent surgir. Et cependant, il faut se livrer à des essais sérieux. Parmi ce qu'il faut faire et ne pas faire, je mentionnerai :

- a) Ne choisir que les travaux de recherche qui peuvent être menés à bonne fin;
- b) Établir un régime de priorités, grâce auquel les travaux les plus profitables seront entrepris les premiers;
- c) Reviser souvent chaque projet, aussi bien du point de vue économique que du point de vue scientifique;
- d) Être prêt à abandonner les programmes, dont les résultats heureux peuvent s'obtenir autrement à meilleur compte.

Surtout, il faut savoir quand s'arrêter. Dans bien des cas, il faut de cinq à dix ans pour mettre au point un nouveau produit ou un nouveau procédé qui abaisse les frais. Une fois lancé dans une entreprise de recherche, il ne faut pas y renoncer trop facilement. Mais il ne faut pas non plus qu'un pro-



## BIBLIOGRAPHIE

- Abrams, Allen, *Appraising Returns from Research*. MECHANICAL ENGINEERING, août 1960.
- American Management Association. *The Commercialization of Research Results*. Rapport spécial n° 20. (Une collection de communications présentées à une conférence spéciale sur l'application commerciale des résultats des recherches, tenue par la division des recherches et de l'exploitation de l'AMA à l'hôtel Roosevelt de New York les 10 et 11 janvier 1957).
- *Getting the Most from Product Research and Development*. Rapport spécial n° 6. (Une collection de communications présentées à une conférence spéciale sur la direction des recherches pour la découverte et l'exploitation de nouveaux produits tenue par la division des finances de l'AMA à l'hôtel Sheraton-Astor de New York les 6 et 7 octobre 1955).
- *Making Effective Use of Research and Development*. Série n° 180 sur l'administration générale. (Une collection de communications présentées à la conférence de l'AMA sur l'administration générale tenue à l'hôtel Fairmont de San Francisco, en Californie, du 24 au 27 janvier 1956).
- Blaylock, P. W. *The Impact of Changing Resources and Technology*. Discours prononcé à la conférence sur l'administration, École de commerce et d'administration commerciale, Queen's University, à Kingston, en Ontario, le 16 juin 1959.
- Cairncross, A. K. *The Place of Capital in Technical Progress*. «Economic Progress», ed. L. Dupriez. Communications et délibérations d'un congrès de l'Association économique internationale tenu à Louvain en 1955.
- Carter, C. F. et B. R. Williams. *Industry and Technical Progress*. Oxford University Press. Londres, mai 1957.
- Coordination, Control and Financing of Industrial Research*. Délibérations de la 5<sup>e</sup> conférence annuelle sur les recherches industrielles, tenue en juin 1954, avec communications choisies parmi celles présentées à la 4<sup>e</sup> conférence en juin 1953. King's Crown Press, Columbia University, New York, 1955.
- Davis, John. *The Canadian Chemical Industry*. Commission royale d'enquête sur les perspectives économiques du Canada. Imprimeur de la Reine, Ottawa, mars 1957.
- Bureau fédéral de la statistique. *Dépenses en recherches industrielles et en mises au point, 1957*. Bulletin n° 13-509.
- Dupree, A. Hunter, *Influence of the Past: An Interpretation of Recent Developments in the context of 200 Years of History*. THE ANNALS OF THE AMERICAN ACADEMY OF POLITICAL SCIENCE. Perspectives touchant le gouvernement et la science. Section de la nouvelle documentation dans le domaine de la sociologie. Janvier 1960.
- The Enormous Growth of Research*. BUSINESS WEEK, 26 décembre 1959.
- Graham, Charles R. *Should You Do Research or Buy It?* CANADIAN CHEMICAL PROCESSING, juin 1960.

- Griliches, Zvi. *Research Costs and Social Returns: Hybrid Corn and Related Innovations*. THE JOURNAL OF POLITICAL ECONOMY, octobre 1958.
- Hansen, Alvin H. *Federal Tax Policy for Economic Growth and Stability*. Mémoires présentés par un groupe au sous-comité de la politique fiscale. Comité mixte d'enquête sur le rapport économique, 9 novembre 1955.
- Hertz, David Bendel. *The Theory and Practice of Industrial Research*. McGraw-Hill Book Company Inc., New York, 1960.
- Hogan, Warren P. *Technical Progress and Production Functions*. THE REVIEW OF ECONOMICS AND STATISTICS, novembre 1958.
- Industry Spends More*. THE ECONOMIST, Londres, 16 avril 1960.
- Jewkes, John, David Sawers and Richard Stillerman. *The Sources of Invention*. Macmillan & Company Limited, Londres, 1958.
- Massell, Benton F. *Capital Formation and Technological Change in United States Manufacturing*. THE REVIEW OF ECONOMICS AND STATISTICS, mai 1960.
- McGraw Hill Department of Economics. *Business' Plans for New Plants and Equipment 1960/1963*.
- National Science Foundation. *Bibliography on the Economic and Social Implications of Scientific Research and Development*. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1959.
- *Science and Engineering in American Industry*. Dernier rapport d'un relevé fait en 1953 et 1954, préparé pour la National Science Foundation par le ministère du Travail des États-Unis, Bureau of Labour Statistics, 10 octobre 1956.
- Quinn, James Brian. *How to Evaluate Research Output*. HARVARD BUSINESS REVIEW, janvier-février 1959.
- Research and Political Power*. SCIENCE, 9 août 1957.
- Research Operations in Industry*. Communications présentées à la 3<sup>e</sup> conférence annuelle sur les recherches industrielles en juin 1952, avec communications choisies parmi celles présentées à la 1<sup>re</sup> et à la 2<sup>e</sup> conférences. King's Crown Press, Columbia University, New-York, 1933.
- Slinchter, Summer H. *Technological Research as Related to the Growth and Stability of the Economy*. National Science Foundation. Délibérations d'une conférence sur les recherches et le perfectionnement ainsi que sur leurs effets sur l'économie. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 1958.
- Trading in Knowledge*. THE ECONOMIST, 4 juin 1960.

COMPARAISON ENTRE LES FRAIS ET LES BÉNÉFICES

EN SUPPOSANT QUE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE SERAIT FOURNIE GRÂCE À DES TRAVAUX DE RECHERCHES ET DE PERFECTIONNEMENTS FAITS AU CANADA  
 1945-2010

| (1)   | (2)   | (3)                                   | (4)               | (5)               | (6)  | (7)   | (8)  | (9)                                | (10)  | (11)  |   |
|-------|---|---------------------------------------|-------------------|-------------------|--|---|--|------------------------------------|---|---|---|
| Année | Dépenses annuelles en recherches nucléaires et en perfectionnement (5%) | Rythme actuel des dépenses (4% et 5%) | Énergie thermique | Énergie nucléaire | Économie nette due aux nouvelles usines nucléaires | Économie nette due à toutes les usines nucléaires | Économie totale due aux usines génératrices nucléaires | Valeur actuelle des économies à 5% | Rapport entre les économies et les dépenses | Valeur actuelle des économies sur la charge de base seulement | Rapport entre les économies et les dépenses |
|       | (\$000)   | (\$000)                               | (Millions KWH)    | (Millions KWH)    | (en millièmes de cent au kWh)                      | (en millièmes de cent au kWh)                     | (\$000)  | (\$000)                            | (Col. 8 ÷ Col. 2)                           | (\$000)   | (Col. 10 ÷ Col. 2)                          |
| 1945  |   |                                       |                   |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1946  | 25,000  | 43,300                                |                   |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1947  |   |                                       |                   |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1948  | 10,200  | 16,330                                |                   |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1949  | 10,100  | 15,544                                |                   |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1950  | 10,200  | 15,096                                |                   |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1951  | 10,100  | 14,372                                |                   |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1952  | 10,200  | 13,964                                |                   |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1953  | 10,200  | 13,423                                |                   |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1954  | 12,361  | 16,094                                |                   |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1955  | 14,645  | 18,248                                |                   |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1956  | 18,626  | 21,792                                |                   |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1957  | 21,545  | 24,238                                |                   |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1958  | 21,131  | 22,864                                |                   |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1959  | 25,684  | 26,711                                |                   |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1960  | 30,000  | 30,000                                | 9,000             |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1961  | 31,500  | 30,000                                | 10,400            |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1962  | 33,075  | 30,000                                | 11,900            |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1963  | 34,729  | 30,000                                | 13,700            |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1964  | 36,465  | 30,000                                | 15,700            |                   |  |   |  |                                    |   |   |   |
| 1965  | 38,288  | 30,000                                | 18,100            | 964               | -2.0   | -2.00   | -1,928   | -1,511                             |   | -756  |   |
| 1966  | 40,202  | 30,000                                | 20,800            | 1,489             | -2.0   | -2.00   | -2,978   | -2,222                             |   | -1,111  |   |
| 1967  | 42,212  | 30,000                                | 23,900            | 2,978             | -1.5   | -1.75   | -5,212   | -3,704                             |   | -1,852  |   |
| 1968  | 44,323  | 30,000                                | 27,500            | 4,467             | -1.0   | -1.50   | -6,700   | -4,536                             |   | -2,268  |   |
| 1969  | 46,539  | 30,000                                | 31,700            | 5,956             | -0.5   | -1.25   | -7,445   | -4,800                             |   | -2,400  |   |
| 1970  | 48,866  | 30,000                                | 36,400            | 8,935             | 0.0  | -0.83   | -7,416   | -4,552                             |   | -2,276  |   |
| 1971  | 51,309  | 30,000                                | 41,900            | 14,435            | 0.2  | -0.44   | -6,351   | -3,714                             |   | -1,857  |   |
| 1972  | 53,874  | 30,000                                | 48,200            | 20,735            | 0.4  | -0.18   | -3,732   | -2,078                             |   | -1,039  |   |
| 1973  | 56,568  | 30,000                                | 55,400            | 27,935            | 0.6  | 0.02  | 559  | 296                                |   | 148   |   |
| 1974  | 59,396  | 30,000                                | 63,700            | 36,235            | 0.8  | 0.15  | 5,435  | 2,744                              |   | 1,372   |   |
| 1975  | 62,366  | 30,000                                | 73,200            | 45,735            | 1.0  | 0.28  | 12,806   | 6,160                              |   | 3,080   |   |
| 1976  | 65,484  | 30,000                                | 84,200            | 56,735            | 1.2  | 0.42  | 23,826   | 10,914                             |   | 5,457   |   |
| 1977  | 68,758  | 30,000                                | 96,900            | 69,435            | 1.4  | 0.56  | 38,884   | 16,965                             | Négligeable                                 | 8,438   | Négligeable                                 |
| 1978  | 72,196  | 30,000                                | 111,400           | 83,935            | 1.6  | 0.71  | 59,594   | 24,759                             | Négligeable                                 | 12,380  | Négligeable                                 |
| 1979  | 75,706  | 30,000                                | 128,100           | 100,635           | 1.8  | 0.86  | 86,546   | 34,249                             | Négligeable                                 | 17,124  | Négligeable                                 |

|       |         |           |         |         |     |      |           |           |             |           |             |
|-------|---------|-----------|---------|---------|-----|------|-----------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 1980  | 79,596  | 30,000    | 147,300 | 119,835 | 2.0 | 1.01 | 121,033   | 45,631    | Négligeable | 22,810    | Négligeable |
| 1981  | 83,576  | 30,000    | 157,600 | 130,135 | 2.1 | 1.08 | 140,545   | 50,447    | Négligeable | 25,224    | Négligeable |
| 1982  | 87,755  | 30,000    | 168,600 | 141,135 | 2.2 | 1.16 | 163,717   | 55,972    | 0.23        | 27,986    | 0.12        |
| 1983  | 92,143  | 30,000    | 180,400 | 152,935 | 2.3 | 1.24 | 189,639   | 61,731    | 0.29        | 30,866    | 0.15        |
| 1984  | 96,750  | 30,000    | 193,000 | 165,535 | 2.4 | 1.32 | 218,506   | 67,754    | 0.35        | 33,877    | 0.18        |
| 1985  | 101,588 | 30,000    | 206,500 | 179,035 | 2.5 | 1.40 | 250,649   | 74,025    | 0.41        | 37,013    | 0.21        |
| 1986  | 106,667 | 30,000    | 221,000 | 193,535 | 2.6 | 1.48 | 286,432   | 80,549    | 0.47        | 40,275    | 0.24        |
| 1987  | 112,000 | 30,000    | 236,500 | 209,035 | 2.7 | 1.56 | 326,095   | 87,355    | 0.54        | 43,678    | 0.27        |
| 1988  | 117,600 | 30,000    | 253,100 | 225,635 | 2.8 | 1.64 | 370,041   | 94,398    | 0.61        | 47,199    | 0.31        |
| 1989  | 123,480 | 30,000    | 270,800 | 243,335 | 2.9 | 1.72 | 418,536   | 101,685   | 0.68        | 50,843    | 0.34        |
| 1990  | 129,654 | 30,000    | 289,800 | 262,335 | 3.0 | 1.81 | 474,826   | 109,863   | 0.75        | 54,932    | 0.38        |
| 1991  |         |           | 304,300 | 276,835 | 3.0 | 1.87 | 517,681   | 114,077   | 0.86        | 57,039    | 0.43        |
| 1992  |         |           | 319,500 | 292,035 | 3.0 | 1.93 | 563,628   | 118,285   | 0.95        | 59,142    | 0.48        |
| 1993  |         |           | 335,500 | 308,035 | 3.0 | 1.98 | 609,909   | 121,909   | 1.05        | 60,954    | 0.53        |
| 1994  |         |           | 352,300 | 324,835 | 3.0 | 2.03 | 659,415   | 125,531   | 1.16        | 62,766    | 0.58        |
| 1995  |         |           | 369,900 | 342,435 | 3.0 | 2.08 | 712,265   | 129,127   | 1.26        | 64,564    | 0.63        |
| 1996  |         |           | 388,400 | 360,935 | 3.0 | 2.12 | 765,182   | 132,110   | 1.38        | 66,055    | 0.69        |
| 1997  |         |           | 407,800 | 380,335 | 3.0 | 2.16 | 821,524   | 135,097   | 1.49        | 67,549    | 0.75        |
| 1998  |         |           | 428,200 | 400,735 | 3.0 | 2.20 | 881,617   | 138,076   | 1.60        | 69,038    | 0.80        |
| 1999  |         |           | 449,600 | 422,135 | 3.0 | 2.24 | 945,582   | 141,026   | 1.72        | 70,513    | 0.86        |
| 2000  |         |           | 472,100 | 444,635 | 3.0 | 2.28 | 1,013,763 | 144,001   | 1.84        | 72,000    | 0.92        |
| 2001  |         |           | 491,000 | 463,535 | 3.0 | 2.30 | 1,066,131 | 144,228   | 1.96        | 72,114    | 0.98        |
| 2002  |         |           | 510,600 | 483,135 | 3.0 | 2.33 | 1,125,705 | 145,028   | 2.09        | 72,504    | 1.05        |
| 2003  |         |           | 531,000 | 503,535 | 3.0 | 2.36 | 1,188,343 | 145,809   | 2.21        | 72,903    | 1.11        |
| 2004  |         |           | 552,200 | 524,735 | 3.0 | 2.39 | 1,254,117 | 146,560   | 2.33        | 73,280    | 1.17        |
| 2005  |         |           | 574,300 | 546,735 | 3.0 | 2.41 | 1,317,631 | 146,648   | 2.45        | 73,324    | 1.23        |
| 2006  |         |           | 597,300 | 569,835 | 3.0 | 2.43 | 1,384,699 | 146,778   | 2.58        | 73,389    | 1.29        |
| 2007  |         |           | 621,200 | 593,735 | 3.0 | 2.45 | 1,454,651 | 146,845   | 2.70        | 73,422    | 1.35        |
| 2008  |         |           | 646,000 | 618,535 | 3.0 | 2.47 | 1,527,781 | 146,888   | 2.82        | 73,444    | 1.41        |
| 2009  |         |           | 671,800 | 644,335 | 3.0 | 2.49 | 1,604,394 | 146,909   | 2.95        | 73,455    | 1.48        |
| 2010  |         |           | 698,700 | 671,235 | 3.0 | 2.51 | 1,684,800 | 146,926   | 3.07        | 73,463    | 1.54        |
| Total |         | 1,191,976 |         |         |     |      |           | 3,660,228 | 3.07        | 1,830,116 | 1.54        |

- Notes: Col. 1: 1945-1959 Source, A.E.C.L.  
 1960-1960 En supposant que les immobilisations annuelles seraient de 0.08% du P.N.B. et augmenteraient de 5% par année jusqu'en 1990.  
 Col. 2: 1945-1959 Valeur actuelle à 4%  
 1960-1990 Valeur actuelle à 5%.  
 Col. 3: 1960-1980 Extrapolé à 15% par année.  
 1981-1990 Extrapolé à 7% par année.  
 1991-2000 Extrapolé à 5% par année.  
 2001-2010 Extrapolé à 4% par année.  
 Col. 4: On suppose ici qu'après 1965 TOUS les besoins supplémentaires d'énergie thermique seraient satisfaits par des moyens nucléaires.  
 Col. 5: On suppose ici qu'il y aurait perte nette de 2 millièmes de cent par kWh en 1965; que le point d'égalité serait atteint en 1970; qu'il y aurait économie de 1 millième de cent par kWh en 1975, de 2 millièmes de cent en 1980 et que l'économie se stabiliserait à 3 millièmes de cent par kWh après 1989.  
 Col. 6: Montre l'économie moyenne par kWh réalisée par toutes les usines génératrices en existence.  
 Col. 10 et col. 11: Ces colonnes diffèrent des colonnes 8 et 9 en ce qu'on suppose que les usines nucléaires serviraient principalement à satisfaire «la charge de base», c'est-à-dire les besoins à peu près constants.

COMPARAISON ENTRE LES FRAIS ET LES BÉNÉFICES

EN SUPPOSANT QUE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE SERAIT FOURNIE GRÂCE À DES TRAVAUX DE RECHERCHE ET DE PERFECTIONNEMENT FAITS HORS DU CANADA  
1960-2010

| (1)   | (2)               | (3)               | (4) Usines nucléaires                |  |                                     | (7)                            | (8)                       | (9) Redevances aux inventeurs  |                     |                         | (11)                               | (12)  |
|-------|-------------------|-------------------|--------------------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------------|------------------------------------|---|
|       |                   |                   | (5) Nouvelle puissance de production | (6) Puissance cumulative de production | (10) Somme immobilisée par kilowatt |                                |                           | (10) Total des immobilisations | (10) Sur les usines | (10) Sur le combustible |                                    |   |
| Année | Énergie thermique | Énergie nucléaire | Facteur moyen d'utilisations         | Nouvelle puissance de production       | Puissance cumulative de production  | Somme immobilisée par kilowatt | Total des immobilisations | Sur les usines                 | Sur le combustible  | Valeur actuelle à 5%    | Valeur actuelle des économies à 5% | Rapport entre les économies et les redevances |
|       | (Millions KWH)    | (Millions KWH)    | (%)                                  | (000 KW)                               | (000 KW)                            | (\$)                           | (\$000)                   | (\$000)                        | (\$000)             | (\$000)                 | (\$000)                            |   |
| 1960  | 9,000             |                   |                                      |  |                                     |                                |                           |                                |                     |                         |                                    |   |
| 1961  | 10,400            |                   |                                      |  |                                     |                                |                           |                                |                     |                         |                                    |   |
| 1962  | 11,900            |                   |                                      |  |                                     |                                |                           |                                |                     |                         |                                    |   |
| 1963  | 13,700            |                   |                                      |  |                                     |                                |                           |                                |                     |                         |                                    |   |
| 1964  | 15,700            |                   |                                      |  |                                     |                                |                           |                                |                     |                         |                                    |   |
| 1965  | 18,100            |                   |                                      |  |                                     |                                | 60,000                    | 3,600                          | 29                  | 2,843                   | -1,511                             |   |
| 1966  | 20,800            | 964               | 55.0                                 | 200                                    | 200                                 | 300                            | 0                         | 0                              | 45                  | 34                      | -2,222                             |   |
| 1967  | 23,900            | 2,978             | 85.0                                 | 200                                    | 400                                 | 280                            | 56,000                    | 3,360                          | 89                  | 2,451                   | -3,704                             |   |
| 1968  | 27,500            | 4,467             | 85.0                                 | 200                                    | 600                                 | 270                            | 54,000                    | 3,240                          | 134                 | 2,284                   | -4,536                             |   |
| 1969  | 31,700            | 5,956             | 85.0                                 | 200                                    | 800                                 | 260                            | 52,000                    | 3,120                          | 179                 | 2,127                   | -4,800                             |   |
| 1970  | 36,400            | 8,935             | 85.0                                 | 400                                    | 1,200                               | 250                            | 100,000                   | 6,000                          | 268                 | 3,866                   | -4,552                             |   |
| 1971  | 41,900            | 14,435            | 84.5                                 | 800                                    | 2,000                               | 245                            | 196,000                   | 11,760                         | 418                 | 7,120                   | -3,714                             |   |
| 1972  | 48,200            | 20,735            | 84.0                                 | 800                                    | 2,800                               | 240                            | 192,000                   | 11,520                         | 601                 | 6,749                   | -2,078                             |   |
| 1973  | 55,400            | 27,935            | 83.5                                 | 1,000                                  | 3,800                               | 235                            | 235,000                   | 14,100                         | 782                 | 7,892                   | 296                                |   |
| 1974  | 63,700            | 36,235            | 83.0                                 | 1,200                                  | 5,000                               | 230                            | 276,000                   | 16,560                         | 978                 | 8,858                   | 2,744                              |   |
| 1975  | 73,200            | 45,735            | 82.5                                 | 1,300                                  | 6,300                               | 225                            | 292,500                   | 17,550                         | 1,189               | 9,013                   | 6,160                              |   |
| 1976  | 84,200            | 56,735            | 82.0                                 | 1,600                                  | 7,900                               | 220                            | 352,000                   | 21,120                         | 1,475               | 10,351                  | 10,914                             |   |
| 1977  | 96,900            | 69,435            | 81.5                                 | 1,800                                  | 9,700                               | 215                            | 387,000                   | 23,220                         | 1,736               | 10,888                  | 16,965                             | .13   |
| 1978  | 111,400           | 83,935            | 81.0                                 | 2,100                                  | 11,800                              | 210                            | 441,000                   | 26,460                         | 2,014               | 11,831                  | 24,759                             | .40   |
| 1979  | 128,100           | 100,635           | 80.5                                 | 2,500                                  | 14,300                              | 205                            | 512,500                   | 30,750                         | 2,315               | 13,084                  | 34,249                             | .69   |
| 1980  | 147,300           | 119,835           | 80.0                                 | 2,800                                  | 17,100                              | 200                            | 560,000                   | 33,600                         | 2,756               | 13,703                  | 45,621                             | 1.01  |
| 1981  | 157,600           | 130,135           | 79.5                                 | 1,600                                  | 18,700                              | 195                            | 312,000                   | 18,720                         | 2,863               | 7,746                   | 50,447                             | 1.37  |
| 1982  | 168,600           | 141,135           | 79.0                                 | 1,700                                  | 20,400                              | 190                            | 323,000                   | 19,380                         | 2,964               | 7,637                   | 55,972                             | 1.72  |
| 1983  | 180,400           | 152,935           | 78.5                                 | 1,800                                  | 22,200                              | 185                            | 333,000                   | 19,980                         | 3,059               | 7,501                   | 61,731                             | 2.08  |
| 1984  | 193,000           | 165,535           | 78.0                                 | 2,000                                  | 24,200                              | 180                            | 360,000                   | 21,600                         | 3,312               | 7,721                   | 67,754                             | 2.44  |
| 1985  | 206,500           | 179,035           | 77.5                                 | 2,200                                  | 26,400                              | 175                            | 385,000                   | 23,100                         | 3,401               | 7,826                   | 74,025                             | 2.80  |
| 1986  | 221,000           | 193,535           | 77.0                                 | 2,300                                  | 28,700                              | 170                            | 391,000                   | 23,460                         | 3,484               | 7,577                   | 80,549                             | 3.17  |

|       |         |         |      |       |         |     |         |        |        |         |           |       |
|-------|---------|---------|------|-------|---------|-----|---------|--------|--------|---------|-----------|-------|
| 1987  | 236,500 | 209,035 | 76.5 | 2,500 | 31,200  | 165 | 412,500 | 24,750 | 3,554  | 7,580   | 87,355    | 3.55  |
| 1988  | 253,100 | 225,635 | 76.0 | 2,700 | 33,900  | 160 | 432,000 | 25,920 | 3,836  | 7,591   | 94,398    | 3.94  |
| 1989  | 270,800 | 243,335 | 75.5 | 2,900 | 36,800  | 155 | 449,500 | 26,970 | 3,893  | 7,497   | 101,685   | 4.34  |
| 1990  | 289,800 | 262,335 | 75.0 | 3,100 | 39,900  | 150 | 465,000 | 27,900 | 3,935  | 7,367   | 109,863   | 4.75  |
| 1991  | 304,300 | 276,835 | 74.5 | 2,500 | 42,400  | 150 | 375,000 | 22,500 | 4,153  | 5,874   | 114,077   | 5.19  |
| 1992  | 319,500 | 292,035 | 74.0 | 2,700 | 45,100  | 150 | 405,000 | 24,300 | 4,381  | 6,020   | 118,285   | 5.62  |
| 1993  | 335,500 | 308,035 | 73.5 | 2,700 | 47,800  | 150 | 405,000 | 24,300 | 4,621  | 5,781   | 121,909   | 6.06  |
| 1994  | 352,300 | 324,835 | 73.0 | 3,000 | 50,800  | 150 | 450,000 | 27,000 | 4,873  | 6,069   | 125,531   | 6.47  |
| 1995  | 369,900 | 342,435 | 72.5 | 3,100 | 53,900  | 150 | 465,000 | 27,900 | 5,137  | 5,990   | 129,127   | 6.89  |
| 1996  | 388,400 | 360,935 | 72.0 | 3,300 | 57,200  | 150 | 495,000 | 29,700 | 5,414  | 6,064   | 132,110   | 7.29  |
| 1997  | 407,800 | 380,335 | 71.5 | 3,500 | 60,700  | 150 | 525,000 | 31,500 | 5,705  | 6,117   | 135,097   | 7.68  |
| 1998  | 428,200 | 400,735 | 71.0 | 3,700 | 64,400  | 150 | 555,000 | 33,300 | 6,011  | 6,156   | 138,076   | 8.06  |
| 1999  | 449,600 | 422,135 | 70.5 | 4,000 | 68,400  | 150 | 600,000 | 36,000 | 6,332  | 6,312   | 141,026   | 8.43  |
| 2000  | 472,100 | 444,635 | 70.0 | 4,100 | 72,500  | 150 | 615,000 | 36,900 | 6,670  | 6,187   | 144,001   | 8.80  |
| 2001  | 491,000 | 463,535 | 69.5 | 3,600 | 76,100  | 150 | 640,000 | 32,400 | 6,953  | 5,324   | 144,228   | 9.18  |
| 2002  | 510,600 | 483,135 | 69.0 | 3,800 | 79,900  | 150 | 570,000 | 34,200 | 7,247  | 5,338   | 145,028   | 9.55  |
| 2003  | 531,000 | 503,535 | 68.5 | 4,000 | 83,900  | 150 | 600,000 | 36,000 | 7,553  | 5,344   | 145,809   | 9.91  |
| 2004  | 552,200 | 524,735 | 68.0 | 4,200 | 88,100  | 150 | 630,000 | 37,800 | 7,871  | 5,339   | 146,560   | 10.25 |
| 2005  | 574,300 | 546,735 | 67.5 | 4,400 | 92,500  | 150 | 660,000 | 39,600 | 8,201  | 5,320   | 146,648   | 10.59 |
| 2006  | 597,300 | 569,835 | 67.0 | 4,600 | 97,100  | 150 | 690,000 | 41,400 | 8,548  | 5,294   | 146,778   | 10.91 |
| 2007  | 621,200 | 593,735 | 66.5 | 4,800 | 101,900 | 150 | 720,000 | 43,200 | 8,906  | 5,257   | 146,845   | 11.22 |
| 2008  | 646,000 | 618,535 | 66.0 | 5,100 | 107,000 | 150 | 765,000 | 45,900 | 9,278  | 5,303   | 146,888   | 11.52 |
| 2009  | 671,800 | 644,335 | 65.5 | 5,300 | 112,300 | 150 | 795,000 | 47,700 | 9,665  | 5,255   | 146,909   | 11.81 |
| 2010  | 698,700 | 671,235 | 65.0 | 5,600 | 117,900 | 150 | 840,000 | 50,400 | 10,069 | 5,273   | 146,926   | 12.09 |
| Total |         |         |      |       |         |     |         |        |        | 302,754 | 3,660,228 | 12.09 |

NOTES: Col. 1: 1900-1980 Extrapolé à 15% par année.

1981-1980 Extrapolé à 7% par année.

1991-2000 Extrapolé à 5% par année.

2001-2010 Extrapolé à 4% par année.

Col. 2: On suppose ici qu'après 1965 TOUS les besoins supplémentaires d'énergie thermique seraient satisfaits par des moyens nucléaires.

Col. 3: Fait voir les facteurs présumés d'utilisation des usines nucléaires baissant graduellement de 85% en 1960 jusqu'aux environs d'un facteur moyen d'utilisation sur réseau de 65% après l'an 2000.

Col. 4 et col. 5: Font voir les puissances de production des nouvelles usines nucléaires et les puissances totales.

Col. 6 et col. 7: Font voir le prix de revient qu'on attribue au kW et le total des immobilisations en nouvelles usines nucléaires.

Col. 8: On suppose ici que les redevances à payer pour l'utilisation des brevets d'invention seraient de 6% des immobilisations.

Col. 9: On suppose ici que le prix du combustible nucléaire tomberait d'un millième de cent par kWh en 1970 à un demi-millième de cent par kWh en 1990 et resterait stable ensuite. On suppose de plus que la moitié du prix du combustible serait assujettie à une redevance annuelle de 6%.

Col. 11: Tiré du tableau intitulé «Comparaison entre les frais et les bénéfices, travaux de recherches et de perfectionnement pour l'énergie nucléaire au Canada», juin 1960, col. 5, 6, 7 et 8.

Août 1960.

## APPENDICE B

POURQUOI IL FAUDRAIT ENTREPRENDRE L'ENRICHISSEMENT  
DE L'URANIUM AU CANADA

## Sommaire

- I. Quelques raisons militent pour la construction d'une usine d'enrichissement au Canada.
  - II. Le procédé d'enrichissement de l'uranium.
  - III. La production d'uranium enrichi aux États-Unis et ailleurs.
  - IV. Enrichissement du combustible et performance du réacteur.
  - V. Effet d'une baisse du prix de l'uranium naturel.
  - VI. Débouchés qu'on pourrait trouver pour les résidus d'une usine d'enrichissement.
  - VII. La demande dont l'uranium enrichi fera l'objet.
  - VIII. Quelles autres possibilités s'offrent au Canada.
  - IX. Caractéristiques d'une installation conçue pour le Canada.
  - X. Conclusions.
- Appendices.  
Bibliographie.  
Graphiques et tableaux.

## SOMMAIRE

1. On continue d'extraire l'uranium des mines à un rythme qui dépasse de beaucoup la demande dont ce métal fera l'objet au cours de la prochaine décennie.

2. Les trois principaux usagers, États-Unis, Royaume-Uni et Marché commun d'Europe, n'auront aucun besoin immédiat d'uranium canadien à l'expiration des contrats actuels.

3. Certains autres pays, y compris le Japon, auront besoin de quantités moins fortes d'uranium, mais les progrès à prévoir dans la technique de construction des réacteurs leur dicteront sous quelle forme ils devront acheter leur uranium.

4. Parce qu'il est le principal exportateur, le Canada est le premier pays à se trouver contraint de restreindre la production de ses mines. Cela est dû, en particulier, à ce que les États-Unis comptent plus sur leurs propres sources d'approvisionnement, à ce que l'Afrique du Sud est devenue un puissant concurrent et à ce que les installations européennes et autres exigeront de l'uranium enrichi.

5. Nous proposons donc dans ce mémoire:

- a) Que l'industrie canadienne et le gouvernement canadien s'occupent de savoir si une usine de diffusion serait rentable, car la fabrication d'uranium enrichi fournirait un débouché de plus aux concentrés canadiens;
- b) Que la Division des mines et d'autres organismes et ministères du gouvernement n'épargnent aucun effort afin de trouver d'autres usages pour l'uranium, car tout succès de ce côté pourrait fournir un débouché aux sous-produits de l'enrichissement de l'uranium; et que
- c) Le Comité parlementaire chargé d'étudier les principes directeurs, l'exploitation et les dépenses dans l'industrie de l'énergie atomique examine très attentivement tous les frais qu'entraînerait la production d'eau lourde et ceux qu'entraînerait l'enrichissement de l'uranium.

### I. Quelques raisons militent pour la construction d'une usine d'enrichissement au Canada

On a proposé de construire au Canada une usine qui produirait de l'uranium enrichi. Il y a plusieurs bonnes raisons à invoquer en faveur d'un projet semblable. L'une—fréquemment mentionnée—c'est qu'une usine de diffusion procurerait un débouché plus sûr aux mines canadiennes. La deuxième raison est corollaire de la première. Si le Canada était en mesure d'offrir un combustible enrichi, il pourrait aspirer à une tranche plus considérable du marché mondial de l'uranium. Les Canadiens ne peuvent pas s'attendre en ce moment de conquérir une part bien grande du marché européen parce qu'ils ne peuvent pas offrir d'uranium sous sa forme enrichie. Les pays européens doivent s'adresser aux États-Unis pour obtenir la plupart de leurs approvisionnements. Avant d'être servis, il leur faut accepter certaines conditions, dont l'une est de retourner la matière exposée aux États-Unis pour qu'elle y soit traitée de nouveau.

Une troisième raison se rapporte aux avantages qu'offrent les ressources naturelles du Canada, c'est-à-dire dans ce cas-ci une abondance d'énergie hydroélectrique à bon marché. Le procédé de diffusion comporte l'emploi de plusieurs milliers de pompes et de compresseurs qui exigent d'énormes quantités d'électricité. Le coût de l'électricité est donc l'un des principaux éléments du prix de revient du produit qu'on désire obtenir, séparé du reste. Le Canada, ayant des emplacements incomparables sur la rivière à la Paix et sur le fleuve Hamilton, pourrait jouer efficacement ce rôle. A cause du petit nombre de tonnes à transporter, les distances ne présentent pas un obstacle dont il soit nécessaire de tenir compte. Par conséquent, des usines établies auprès de sources d'énergie hydroélectrique relativement éloignées pourraient fournir des combustibles plus raffinés à des pays dont les propres frais de production d'énergie sont élevés et dont les ressources pourraient alors être affectées aux étapes plus avancées: usines génératrices nucléaires et production industrielle.

Un argument souvent négligé en faveur d'une usine canadienne de diffusion, c'est qu'elle mettrait fin au monopole dont jouissent les États-Unis dans ce domaine. Cet argument, bien qu'il soit essentiellement d'ordre politique, a beaucoup de poids outre-mer auprès de certains pays qui s'inquiètent déjà d'avoir à dépendre à tel point de l'économie des États-Unis et des lois adoptées par le Congrès. Les États-Unis occupent encore une position qui leur permet à la fois d'établir l'échelle de prix de l'U-235 et de tenir à leur merci tous les réacteurs ayant besoin d'un produit enrichi. Il y a des pays qui seraient heureux d'utiliser une plus forte concentration d'U-235 (et de surmonter ainsi certains de leurs problèmes de construction) et qui hésitent à le faire pour cette raison. Ils se contentent d'employer de l'uranium naturel en dépit des charges supplémentaires à porter. S'il arrivait cependant que le Canada, seul ou avec le Royaume-Uni comme partenaire, devienne une deuxième source d'approvisionnement, ces pays se trouveraient fort encouragés à donner plus d'envergure à leurs programmes d'exploitation nucléaire.

Nous croyons qu'une usine assez grande pour donner un produit dont le prix de revient serait bas pourrait exiger une immobilisation de plusieurs centaines de millions de dollars. L'électricité requise pourrait exiger une puissance de production allant jusqu'à 1,000,000 de kilowatts. Il faudrait fabriquer la matière nourricière et construire des usines de transformation chimique pour préparer le combustible séparé. La production pourrait dépasser une valeur annuelle de \$100,000,000. Le nombre des emplois réguliers pourrait atteindre 1,500. En voilà assez pour faire voir que, si le Canada décidait de s'équiper pour enrichir l'uranium, il en résulterait une entreprise aux proportions comparables à celles de Kitimat. Les apports en devises étrangères que l'expor-

tation donnerait seraient comparables aussi à ceux que donne la vente des lingots d'aluminium à l'étranger<sup>1</sup>.

On estime que les États-Unis possèdent actuellement des moyens de production suffisants pour répondre à leurs besoins d'uranium enrichi jusqu'à 1975. En 1967 ou en 1968, cependant, d'autres pays pourront aussi avoir besoin chaque année de plusieurs centaines de tonnes d'uranium modérément enrichi comme combustible. Autrement dit, les besoins d'uranium enrichi hors des États-Unis pourraient suffire à faire vivre une usine de diffusion ayant les proportions de celle envisagée ci-dessus. Une entreprise semblable affronterait probablement l'obligation d'avoir à contrer l'échelle de prix établie pour l'U-235, par l'*Atomic Energy Commission* des États-Unis. Cependant, l'*Atomic Industrial Forum* a publié l'an dernier un rapport révélant que:

- a) Pour une puissance égale, une nouvelle usine de diffusion peut se construire à un tiers du prix que les installations existantes ont coûté; et que
- b) Cette nouvelle usine de séparation pourrait produire de l'U-235 à des prix de revient situés en deçà des bornes posées par l'échelle de prix publiée et actuellement appliquée par l'AEC des États-Unis<sup>2</sup>.

## II. Le procédé d'enrichissement de l'uranium

Tel qu'il se présente dans la nature, l'uranium ne contient que 0.71 p. 100 d'uranium-235, presque tout le reste étant de l'uranium-238. Quand la concentration d'U-235 est portée au-delà de 0.71 p. 100 par la séparation des isotopes ou par quelque autre procédé, le produit s'appelle uranium «enrichi». Le degré d'enrichissement peut varier depuis une légère augmentation de la proportion d'U-235 jusqu'à des enrichissements très poussés pouvant donner finalement au produit une teneur de 90 p. 100 en U-235.

Il y a plusieurs méthodes de réaliser l'enrichissement, mais la seule méthode importante utilisée pour séparer l'isotope U-235 de l'isotope U-238 est celle de la diffusion gazeuse. L'uranium est un métal solide et, pour séparer ses deux isotopes, il était d'abord nécessaire de trouver un composé d'uranium qui se transformerait aisément en gaz. On a constaté que le gaz le plus commode était l'hexafluorure d'uranium UF<sub>6</sub> qui, toutefois, est intensément corrosif et exige que tout le système soit étanche et résiste à la corrosion.

Dans le procédé de diffusion, ce gaz est diffusé et rediffusé, au moyen d'une pression constante, à travers des milliers de barrières, puis il est prélevé quand il a atteint le degré d'enrichissement désiré. Les barrières poreuses à travers lesquelles l'hexafluorure d'uranium est diffusé contiennent des milliards de trous au pouce carré. Maintenu sous une pression constante, le gaz de masse moléculaire moindre (U-235) passera à travers la barrière poreuse plus vite que le gaz de masse moléculaire plus élevée (U-238). Des barrières sont disposées en «cascade»; le gaz enrichi qui a franchi une barrière passe à un étage supérieur tandis que le gaz légèrement appauvri qui n'a pas passé est retourné dans le courant nourricier au premier étage du dispositif.

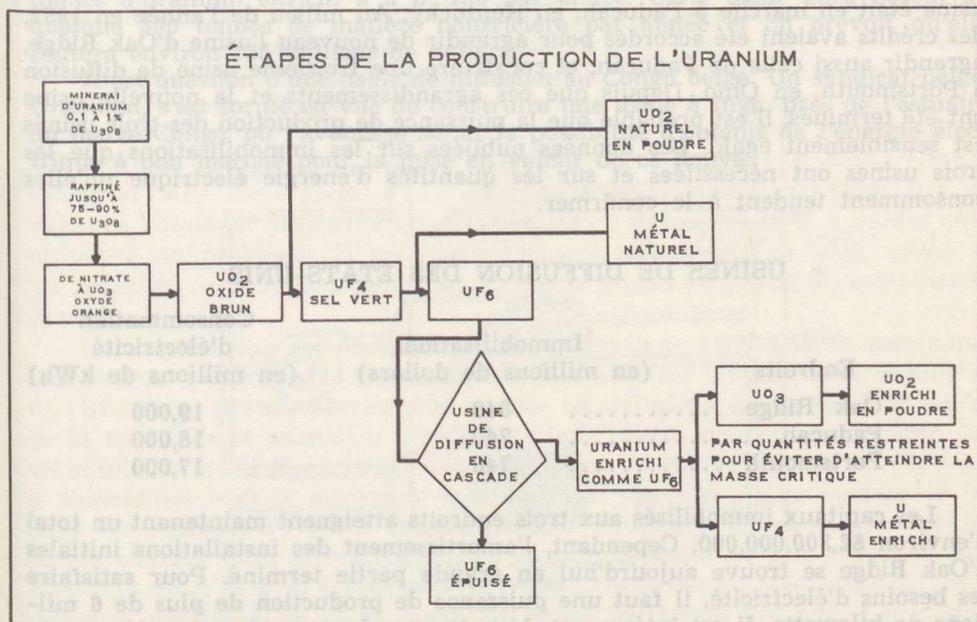
Dans le cas de l'uranium et en supposant que les conditions de la cascade sont idéales, le gaz qui a franchi une barrière se trouve enrichi en U-235 par rapport au gaz laissé derrière, mais le facteur d'enrichissement est très faible, 1.0043. Et dans la pratique, au surplus, le taux d'enrichissement à chaque barrière est considérablement inférieur à cela. Il est possible de démontrer que, pour arriver à de l'U-235 à peu près pur, il faudrait que le gaz passe à travers environ 4,000 stades de diffusion.

<sup>1</sup> Les exportations d'uranium en 1959 étaient évaluées à \$312,000,000. Par ordre d'importance, les autres produits d'exportation étaient le papier journal, \$723,000,000; le blé, \$398,000,000; l'aluminium, \$212,000,000, et le minerai de fer, \$158,000,000.

<sup>2</sup> Voir l'Annexe (i), intitulé «Emploi de capitaux privés pour financer l'enrichissement de l'uranium».

L'installation requise pour appliquer ce procédé s'appelle usine de séparation des isotopes ou usine de diffusion. Il existe une documentation considérable sur le procédé de diffusion gazeuse en général et sur les usines américaines de diffusion en particulier. En partant de la théorie de la cascade et en utilisant des données comme l'échelle de prix publiée par la Commission d'énergie atomique des États-Unis, plusieurs auteurs\* sont parvenus à analyser les frais d'enrichissement, à évaluer la quantité probable de matière nourricière requise et, en général, à peindre un tableau détaillé de tout le processus complexe de l'enrichissement de l'uranium.

De même, les conditions économiques du fonctionnement d'une usine de diffusion sont fort complexes, mais le prix de revient de l'uranium ayant reçu un degré donné d'enrichissement comporte trois principaux éléments variables. Le premier est le coût de la matière nourricière, qui est de l'uranium naturel sous forme d'hexafluorure d'uranium. Le deuxième est le coût de l'énergie électrique requise pour actionner les pompes; et le troisième est constitué par les proportions et le rendement de l'usine même. En fonction des rapports entre ces trois éléments variables, la concentration maximum restant dans les résidus (l'U-235 qui reste dans les déchets de l'usine) peut varier beaucoup. Par exemple, avec une matière nourricière à bas prix et des frais d'exploitation élevés, le souci d'arriver au prix de revient le plus bas possible peut faire laisser dans les déchets de l'usine jusqu'à 50 p. 100 de l'U-235 contenu dans la matière nourricière.



SOURCE - FUEL ENRICHMENT AND REACTOR PERFORMANCE PAR C. STARR (COMMUNICATION PRÉSENTÉE À LA DEUXIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE DES NATIONS UNIES SUR LES APPLICATIONS PACIFIQUES DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE).

\* Voir, par exemple, les communications présentées à la conférence de Genève en 1959, comme *Economics of Enrichment and the Use of Plutonium and U-233*, de N. L. Franklin et d'autres. Voir aussi *Pricing Enriched Uranium*, par Hollister et Burington, et *Charting a Course for Nuclear Power Development*, par Karl Cohen, deux articles parus en janvier 1958 dans NUCLEONICS.

Si la teneur en U-235 de l'uranium appauvri et mis de côté comme déchet est connue, il est possible de calculer le nombre de tonnes d'uranium naturel qu'il faut pour fabriquer une tonne d'uranium ayant un degré particulier d'enrichissement. Par exemple, si le degré d'enrichissement est de 2 p. 100 et si les déchets de l'usine contiennent 0.35 p. 100 d'U-235, il faudra plus de quatre tonnes d'uranium naturel pour produire une tonne du produit enrichi.\* Si le degré requis d'enrichissement est de 1.5 p. 100, il faudra 3 tonnes d'uranium naturel pour

### III. Production d'uranium enrichi aux États-Unis et ailleurs

La première usine occidentale de diffusion a été construite à Oak-Ridge et elle fonctionne depuis 1945. Quand elle a été terminée, cette usine était la plus grande au monde où fût appliqué un processus continu. L'unique toiture couvrait 60 acres et l'usine était longue d'environ un mille, large de 150 verges, haute de quatre étages et était en forme de «U». Le procédé de séparation des isotopes exigeait des milliers de milles de conduites, des milliers de pompes et de moteurs et de milliers de mécanismes complexes, électriques et électroniques, pour contrôler la marche de ce vaste ensemble. La superficie totale des barrières (avec des milliards de trous au pouce carré) dont l'usine avait besoin se mesurait en milles carrés. Et comble de difficulté pour les ingénieurs chargés de la construction, il fallait que toute l'usine fût étanche et capable de résister à la corrosion.

Des rapports annuels de la Commission d'énergie atomique des États-Unis ont subséquemment mentionné qu'à la fin de 1951 l'usine initiale d'Oak Ridge avait été considérablement agrandie. La construction d'une deuxième usine était en marche à Paducah, en Kentucky. Au milieu de l'année en 1952, des crédits avaient été accordés pour agrandir de nouveau l'usine d'Oak Ridge, agrandir aussi celle de Paducah, et construire une troisième usine de diffusion à Portsmouth, en Ohio. Depuis que ces agrandissements et la nouvelle usine ont été terminés, il est probable que la puissance de production des trois usines est sensiblement égale. Les données publiées sur les immobilisations que les trois usines ont nécessitées et sur les quantités d'énergie électrique qu'elles consomment tendent à le confirmer.

#### USINES DE DIFFUSION DES ÉTATS-UNIS

| Endroits         | Immobilisations<br>(en millions de dollars) | Consommation<br>d'électricité<br>(en millions de kWh) |
|------------------|---|---|
| Oak Ridge .....  | 840   | 19,000  |
| Paducah .....    | 740   | 18,000  |
| Portsmouth ..... | 740   | 17,000  |

Les capitaux immobilisés aux trois endroits atteignent maintenant un total d'environ \$2,300,000,000. Cependant, l'amortissement des installations initiales d'Oak Ridge se trouve aujourd'hui en grande partie terminé. Pour satisfaire les besoins d'électricité, il faut une puissance de production de plus de 6 millions de kilowatts. Il est intéressant de noter que la consommation dépasse la moitié de toute la production canadienne de kWh en 1960.

Rien ne permet de croire que les États-Unis ont besoin d'augmenter encore plus leurs moyens d'enrichir l'uranium, car les usines actuelles sont capables de satisfaire les besoins militaires en uranium fortement enrichi ainsi que les besoins civils en uranium ayant divers degrés d'enrichissement. On estime qu'à plein rendement ces trois usines américaines peuvent produire environ 75 tonnes d'uranium (enrichi à 90 p. 100 d'U-235) par année. Cela veut dire

qu'elles auraient alors besoin de plus de 15,000 tonnes de matière nourricière, c'est-à-dire d'uranium naturel (soit environ 18,000 tonnes courtes d'oxyde d'uranium) par année.

Le combustible enrichi qu'il faut pour les besoins civils exige des concentrations bien inférieures au plein enrichissement. Pour la majorité des grandes stations génératrices, il suffit d'un combustible enrichi dans des proportions variant entre un et trois p. 100. En supposant que les besoins militaires actuels des États-Unis iront en diminuant au cours des prochaines années et que deux usines seront affectées à la production d'uranium à faible enrichissement, les États-Unis produiraient chaque année jusqu'à 10,000 tonnes d'uranium à 2 p. 100 d'U-235 comme combustible à réacteur.

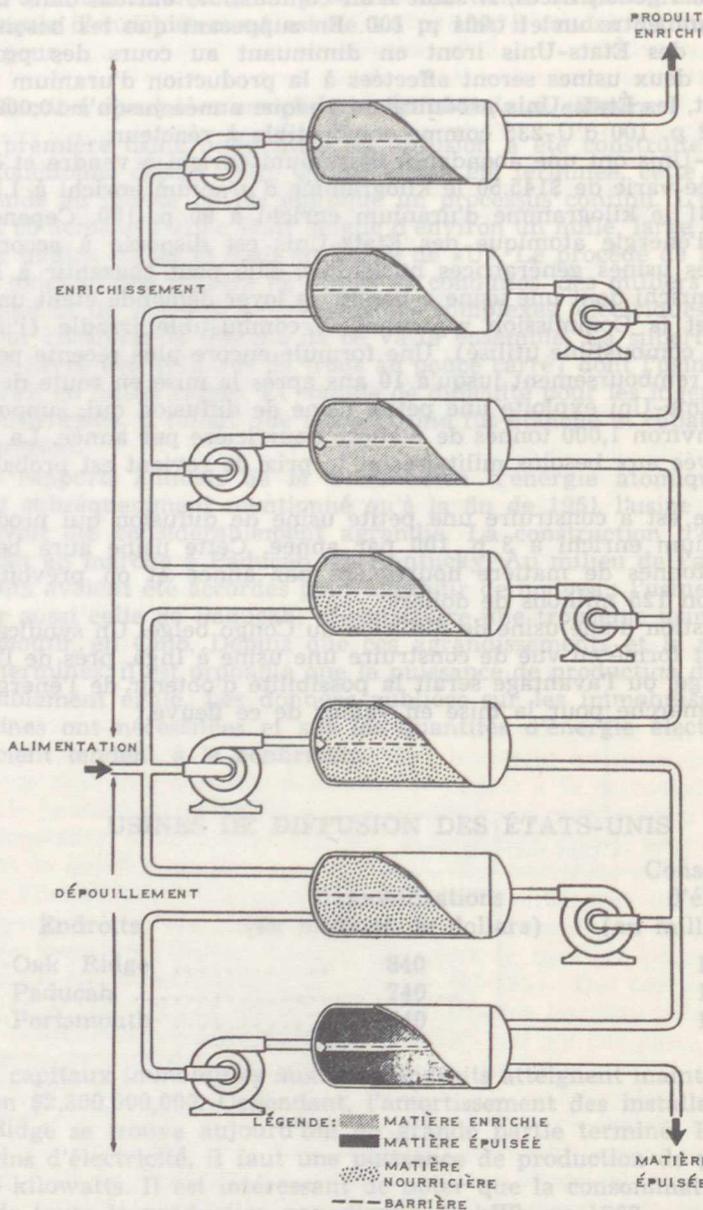
Les États-Unis ont une abondance d'uranium enrichi à vendre et l'échelle de prix publiée varie de \$145.50 le kilogramme d'uranium enrichi à 1.5 p. 100 jusqu'à \$15,361 le kilogramme d'uranium enrichi à 90 p. 100. Cependant, la Commission d'énergie atomique des États-Unis est disposée à accorder des rabais pour les usines génératrices nucléaires. Elle peut consentir à louer le combustible enrichi dont une usine a besoin, le loyer demandé étant un intérêt de 4 p. 100 et la Commission reprenant le combustible irradié (l'usine ne payant que le combustible utilisé). Une formule encore plus récente permettra de différer le remboursement jusqu'à 10 ans après la mise en route de l'usine.

Le Royaume-Uni exploite une petite usine de diffusion qui, suppose-t-on, peut exiger environ 1,000 tonnes de matière nourricière par année. La production est réservée aux besoins militaires et le prix de revient est probablement très élevé.

La France est à construire une petite usine de diffusion qui produira 50 tonnes d'uranium enrichi à 3 p. 100 par année. Cette usine aura besoin de quelque 350 tonnes de matière nourricière par année et on prévoit qu'elle coûtera environ 125 millions de dollars.

Il est question d'une usine de diffusion au Congo belge. Un syndicat belge, *Uraninga*, s'est formé en vue de construire une usine à Inga, près de l'estuaire du fleuve Congo, où l'avantage serait la possibilité d'obtenir de l'énergie électrique à bon marché pour la mise en valeur de ce fleuve.

SCHEMA DU PROCÉDÉ DE DIFFUSION GAZEUSE



SOURCE - SOURCE: ATOMIC ENERGY FACTS, COMMISSION D'ÉNERGIE ATOMIQUE DES ÉTATS-UNIS, WASHINGTON, D.C., SEPT. 1957, PAGE 70.

#### IV. Enrichissement du combustible et performance du réacteur

##### 1. Choix du type de réacteur

Quand il est choisi comme combustible, l'uranium naturel laisse fort peu de latitude au constructeur quant au modérateur à choisir, à la gaine de l'élément-combustible et à la structure du réacteur. La réactivité inhérente des systèmes à uranium naturel est faible, ce qui laisse que peu ou pas de marge pour la perte improductive des neutrons. Il y a deux modérateurs principaux à employer pour surmonter ces difficultés: le graphite et l'eau lourde. Le magnésium et l'aluminium sont aussi disponibles comme matériaux de gaine. Malheureusement, ces métaux ne peuvent pas résister aux hautes températures que demande le rendement maximum d'une station. Le béryllium et le zirconium pourront éventuellement les remplacer. Cependant, ces métaux sont coûteux et leur utilité dépend de conquêtes qui restent à faire sur les fronts de la métallurgie et de la chimie.

Une fois qu'une combinaison de ces matériaux a été choisie, le modèle d'un réacteur alimenté d'uranium naturel comme combustible est déjà à peu près fixé. On pourra s'efforcer d'en améliorer la performance en augmentant les températures de refroidissement, mais les résultats obtenus seront médiocres. Il est impossible d'employer les types modernes et à bas prix de turbines à vapeur et les temps d'exposition du combustible—surtout dans les réacteurs où le graphite sert de modérateur—seront beaucoup plus courts qu'ils ne le sont quand on utilise un combustible enrichi.

S'il peut compter sur un approvisionnement d'uranium enrichi, le constructeur d'un réacteur a beaucoup plus de latitude pour exercer ses talents. Il peut employer de l'eau ordinaire à la fois comme modérateur et comme moyen de refroidissement dans le dispositif. L'acier inoxydable peut s'utiliser pour les gaines du combustible et comme matériel de construction. Les dimensions de l'usine se trouveront fort réduites et, par conséquent, plusieurs des problèmes posés par les dimensions se trouveront écartés. Enfin, il sera possible d'utiliser les turbines à vapeur les plus récentes avec leur haute température et leur forte pression. Le prix de chaque installation auxiliaire se trouvera réduit en proportion. Le coût du stock de combustible à garder sera peut-être un problème. Il sera probablement plus élevé, en effet, même si les quantités requises sont beaucoup moindres quand on utilise du combustible enrichi.

Le constructeur doit donc concevoir un réacteur à rendement maximum. Ses critères varieront en fonction de la puissance de production à obtenir et de l'utilisation prévue au cours de l'année ou de saison en saison. Il y a plus de la moitié de la puissance installée de tout réseau typique d'électricité qui est employée d'une façon intermittente. Pour un réseau semblable, les capitaux à immobiliser sont la principale considération; on peut laisser augmenter les frais de combustible aussi longtemps que l'intérêt, l'amortissement et les autres charges fixes seront gardés au minimum. Dans ce cas, il est évident qu'il faut opter pour le combustible enrichi. Dans le cas où la «charge de base» demeure constante, le choix n'est pas aussi nettement indiqué. Cependant, les usines nucléaires nécessitent des immobilisations assez fortes pour que, même dans ce cas-là, il soit important de viser aux dimensions minimales et au rendement thermique maximum. Les réacteurs alimentés à l'uranium naturel offrent plus d'avantages dans ce domaine. Pourtant, il faudra que leur prix d'acquisition diminue considérablement pour qu'ils s'acquittent de cette importante fonction aussi bien que les réacteurs utilisant des combustibles enrichis.

## 2. Le coût du vêtement du combustible et le coût moyen de l'uranium

L'uranium métal à forte teneur d'U-235 est une matière difficile à manipuler. Cependant, avec des concentrations de 2 p. 100 ou moins d'U-235, la radioactivité ne présente pas beaucoup de danger. On peut employer beaucoup des mêmes techniques d'usinage ou de production qui s'utilisent communément dans le cas de l'uranium naturel. Il y a une autre considération, cependant, qui est importante. Dans ce dernier cas, les matériaux de revêtement à employer pour le combustible seront peut-être plus coûteux. On peut se trouver contraint de recourir au zirconium (comme dans le cas des grands réacteurs canadiens utilisant l'eau lourde comme modérateur). Or, ce métal est très coûteux. De plus, le gaspillage qui s'en fait peut contribuer à enfler beaucoup les frais d'alimentation d'un réacteur. Le zirconium n'étant pas récupérable, c'est comme si on en consommait pour produire de l'énergie. Étant donné que les combustibles d'uranium enrichi vont dans des «contenants» fabriqués de matériaux aussi ordinaires et abondants que l'acier inoxydable, ils ne sont pas affligés de la même infirmité à cet égard. Il est évident que toutes ces nombreuses considérations doivent entrer en ligne de compte quand on calcule le prix global du combustible envisagé.

## 3. L'enrichissement prolonge la durée du combustible

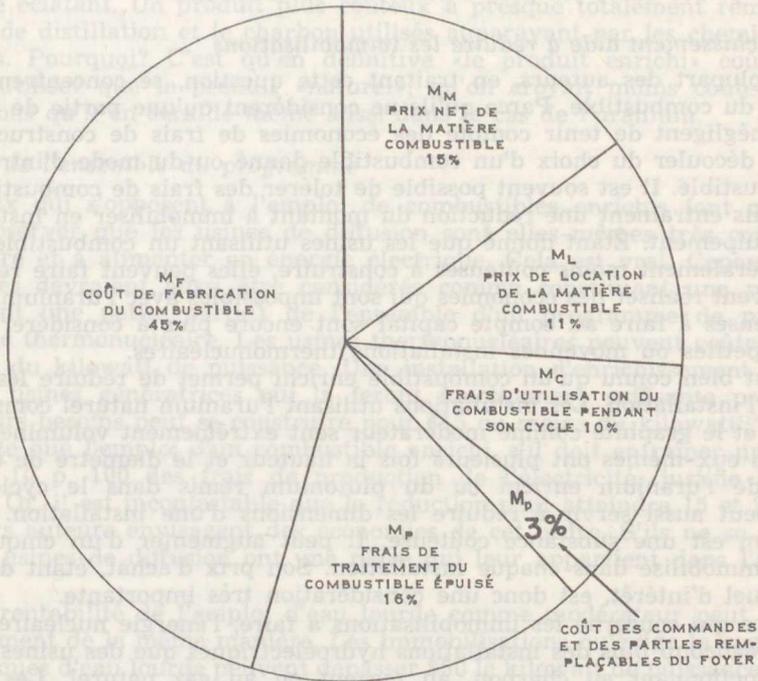
Les temps d'exposition fournissent l'un des arguments les plus forts pour le combustible enrichi. En doublant la durée effective d'un élément combustible, on réduit de moitié ses frais de fabrication et de reconstitution chimique. Et en réussissant à la tripler, on réduit les mêmes frais des deux tiers. Parce qu'il permet à un combustible nucléaire de demeurer plus longtemps dans le réacteur, l'enrichissement est plus économique que l'emploi du produit naturel. Il augmente aussi la valeur des sous-produits (comme le plutonium) qu'il serait impossible autrement de tirer du combustible irradié. Aussi, la différence initiale de prix peut se trouver partiellement, ou même entièrement compensée par les économies caractérisant les temps d'exposition plus longs.

Il est impossible de prolonger la durée des gaines à moins de pouvoir réduire au minimum les dégâts de la radiation et de la chaleur. L'enrichissement possède encore des avantages sous ce rapport. L'uranium enrichi peut s'utiliser sous sa forme d'oxyde plutôt que sous sa forme naturelle. Les risques en cours d'exploitation se trouvent amoindris, car l'oxyde d'uranium a une stabilité physique et chimique plus grande sous les effets de l'irradiation. On peut prévoir moins de pannes du réacteur et moins d'interruptions prolongées, car de graves défaillances de la part du revêtement du combustible ne sont pas à redouter. Ce sont là quelques-unes des raisons pour lesquelles la plupart des constructeurs aux États-Unis optent pour l'uranium enrichi\*, et qui expliquent pourquoi les réacteurs perfectionnés, refroidis au gaz, qui vont se construire au Royaume-Uni utiliseront de l'uranium ayant des concentrations de 1.3 à 1.6 p. 100 d'U-235.

\*Les réacteurs américains, ce qui est éloquent, utilisent de l'uranium dont l'enrichissement varie de 1.5 à 3.5 p. 100.

## ÉLÉMENTS DES FRAIS DE COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE POUR L'EXPLOITATION INITIALE D'UNE GRANDE STATION TYPIQUE

(EN ATTRIBUANT UNE VALEUR DE \$12 AU GRAMME DE PLUTONIUM)



SOURCE: ENQUÊTE SUR LES FRAIS INITIAUX DE COMBUSTIBLE DES GRANDES STATIONS THERMONUCLÉAIRES AUX ÉTATS-UNIS, EDISON ELECTRIC INSTITUTE, NEW YORK, DÉCEMBRE 1958.

#### 4. L'enrichissement accroît le rendement de l'usine génératrice

Le prix du combustible pèse aussi sur le fonctionnement même de l'usine génératrice. Plus la température est élevée, plus est grande la quantité d'énergie utile fournie par un montant donné immobilisé en installations et en équipement. Il en est ainsi de la pression. Les réacteurs alimentés à l'uranium ont des rendements thermiques de 30 p. 100 ou moins. Ceux qui emploient des combustibles enrichis se rangent en général dans la gamme de 30 à 40 p. 100. Par conséquent, les avantages thermodynamiques militent en faveur des installations conçues pour utiliser aussi les combustibles nucléaires plus raffinés. Ces avantages peuvent même, à eux seuls, suffire pour annuler des différences de 20 ou 30 p. 100 entre les prix d'achat des combustibles.

#### 5. L'enrichissement aide à réduire les immobilisations

La plupart des auteurs, en traitant cette question, se concentrent sur la fonction du combustible. Parce qu'ils ne considèrent qu'une partie de l'ensemble, ils négligent de tenir compte des économies de frais de construction qui peuvent découler du choix d'un combustible donné ou du mode d'introduction du combustible. Il est souvent possible de tolérer des frais de combustible plus élevés s'ils entraînent une réduction du montant à immobiliser en installations et en équipement. Étant donné que les usines utilisant un combustible enrichi sont généralement moins coûteuses à construire, elles peuvent faire réaliser et font souvent réaliser des économies qui sont impossibles avec l'uranium naturel. Les dépenses à faire au compte capital sont encore plus à considérer dans le cas des petites ou moyennes installations thermonucléaires.

Il est bien connu qu'un combustible enrichi permet de réduire les dimensions de l'installation. Les installations utilisant l'uranium naturel comme combustible et le graphite comme modérateur sont extrêmement volumineuses; les réacteurs eux-mêmes ont plusieurs fois la hauteur et le diamètre de ceux qui utilisent de l'uranium enrichi ou du plutonium remis dans le cycle. L'eau lourde peut aussi servir à réduire les dimensions d'une installation. Mais le deutérium est une substance coûteuse. Il peut augmenter d'un cinquième le capital immobilisé dans chaque installation. Son prix d'achat, étant donné les taux actuel d'intérêt, est donc une considération très importante.

En ce qui concerne les immobilisations à faire, l'énergie nucléaire se rapproche beaucoup plus des installations hydroélectriques que des usines génératrices fonctionnant au charbon, au mazout ou au gaz naturel. Les charges fixes constituent aussi une plus forte proportion du total. Ensemble, les frais d'intérêt et d'amortissement forment souvent les deux tiers du total des dépenses qu'entraîne la production d'énergie nucléaire. Il suit que, si le monde doit acquérir une nouvelle source d'électricité, il faudra parvenir à réduire sensiblement les immobilisations à faire en installations et en équipement. Il faudra simplifier les plans et utiliser des matériaux ordinaires partout où ce sera possible. Le combustible dont le cycle se conformera le mieux à ces nécessités est celui que seront susceptibles de choisir les manufacturiers et les services d'électricité. L'enrichissement du combustible mérite donc d'être étudié, même si son seul avantage était de fournir un moyen direct de surmonter la double difficulté que présentent les taux d'intérêt élevés et l'augmentation des frais de construction.

Les usines génératrices conçues pour la «charge de base» fournissent rarement plus que 40 p. 100 de la charge d'un réseau. On préfère construire d'autres genres d'usines, exigeant des immobilisations moindres, pour les heures de pointe ou pour les cas d'urgence. S'ils veulent s'emparer d'une partie quelconque de ce marché plus important, les fabricants d'usines thermonucléaires devront réduire les frais de construction jusqu'au point de les faire correspondre à ceux des usines thermiques ordinaires. On acceptera de payer des prix plus élevés que la moyenne pour le combustible, car cette puissance

de production sera inactive une bonne partie du temps. Mais les immobilisations à faire, dans ce cas, sont capitales. Il faut les réduire au minimum si l'on veut que l'énergie thermonucléaire fournisse plus que la moitié des besoins futurs du monde.

Une situation parallèle s'est établie dans l'industrie du pétrole. Le mazout qu'on livre au consommateur est maintenant un produit beaucoup plus raffiné. On a construit des raffineries immenses et complexes, non seulement pour satisfaire l'augmentation de la demande, mais aussi pour améliorer la qualité. Le processus d'amélioration coûte très cher, non seulement en énergie mais aussi en installations et en équipement. Il entre beaucoup plus de travail dans chaque gallon de mazout consommé. Le combustible à moteur diesel est un exemple éclatant. Un produit plus coûteux a presque totalement remplacé les résidus de distillation et le charbon utilisés auparavant par les chemins de fer du pays. Pourquoi? C'est qu'en définitive «le produit enrichi» coûte moins cher à utiliser que le produit «naturel», qu'on croyait moins coûteux. Nous prétendons qu'il en sera de même aussi dans le cas de l'uranium.

#### 6. *Coût de l'ensemble du programme*

Ceux qui s'opposent à l'emploi de combustibles enrichis font ordinairement observer que les usines de diffusion sont elles-mêmes très coûteuses à construire et à alimenter en énergie électrique. Cela est vrai. Cependant, ces déboursés devraient aussi être considérés comme constituant une partie (et seulement une petite partie) de l'ensemble d'un programme de production d'énergie thermonucléaire. Les usines thermonucléaires peuvent coûter au delà de \$250 du kilowatt de puissance. Une installation d'enrichissement (y compris les usines génératrices qui la feront fonctionner) suffisante pour satisfaire leurs besoins peut se construire pour \$15 ou moins du kilowatt<sup>(1) (2)</sup>. Il est manifeste que l'emploi d'un combustible enrichi, s'il doit entraîner une réduction de 10 p. 100 des frais de production de l'électricité, justifie l'effort à fournir. Or, il est incontestable que la réduction peut atteindre 15 et 20 p. 100. Plusieurs auteurs envisagent des économies de cet ordre. S'ils ne se trompent pas, les usines de diffusion ont une place qui leur appartient dans l'ordre des choses.

La rentabilité de l'emploi d'eau lourde comme modérateur peut s'évaluer sensiblement de la même manière. Les immobilisations qu'exige la construction de fabriques d'eau lourde peuvent dépasser \$50 le kilowatt de puissance installée dans les usines thermonucléaires. Par conséquent, il en coûte moins, dans l'ensemble des immobilisations nécessaires, de construire les installations voulues pour enrichir d'avance l'uranium. Les frais d'exploitation, dans les deux cas, sont relativement faibles. Il est donc peu probable qu'ils fassent pencher la balance en faveur de l'uranium naturel dans un cas comme dans l'autre.

#### 7. *L'emploi du plutonium pour l'enrichissement*

Éventuellement, il sera peut-être possible d'utiliser du plutonium au lieu d'uranium enrichi pour activer les réacteurs<sup>3</sup>. Il y a pénurie de plutonium à l'heure actuelle. Cependant, à mesure que les besoins militaires diminueront, la quantité d'uranium irradié continuera d'augmenter et il sera possible d'affecter plus de plutonium aux usages commerciaux. Quand ce moment viendra, le plutonium produit par les barres de combustible sera récupéré et brûlé pour

<sup>1</sup>Cohen, Karl, *Charting a Course for Nuclear Power Development*, NUCLEONICS, janvier 1958, pp. 66-70.

<sup>2</sup>Il faut environ 3.5 kilowatts de puissance de production pour alimenter l'usine de diffusion dont dépendra l'approvisionnement en combustible d'une usine thermonucléaire ayant une puissance installée de 100 kilowatts, l'enrichissement étant dans ce cas de 1.5% d'U-235.

<sup>3</sup>Le prix de la Commission d'énergie atomique des États-Unis pour le plutonium séparé est de \$12 le gramme (\$5,500 la livre), contre \$15 le gramme (\$7,000 la livre) pour l'uranium enrichi à 90 p. 100. (Voir aussi l'annexe relatif au plutonium).

produire de la chaleur. C'est ce qu'on appelle la méthode de « remise en cycle » du plutonium. Au départ, on utilise de l'uranium enrichi d'U-235 qui se transforme en plutonium. Une fois obtenu, le plutonium peut s'utiliser à son tour comme combustible, ce qui réduit la consommation d'uranium.

Il y a des inconvénients, cependant. Dans la plupart des types de réacteurs actuellement en usage, le plutonium ne donne pas un aussi bon rendement que l'U-235 comme combustible. Un atome sur trois se refuse à la fission, tandis que, dans le cas de l'isotope léger d'uranium, un seul atome sur cinq refuse de se diviser. Un autre obstacle, c'est qu'il se forme du Pu-240. Ce sous-produit n'est pas fissile dans un réacteur « lent » ou « thermique ». A mesure que le Pu-240 s'accumule, il tend à réduire le rendement du plutonium initial, dont il se gaspille ainsi jusqu'à 18 p. 100 du total. Par conséquent, le rendement maximum du plutonium dans les réacteurs thermiques (du point de vue de l'absorption de neutrons) est environ 75 p. 100 du rendement de l'U-235.

Une solution consisterait à mettre en réserve autant de plutonium que possible pour une génération future de réacteurs. Les piles à réactions rapides peuvent vraiment tirer parti des caractéristiques nucléaires du plutonium. Malheureusement pour les mines d'uranium, ces réacteurs rapides sont susceptibles de produire plus de matière fissile qu'ils ne peuvent en utiliser. Certains pays pourront décider de surmonter leurs problèmes d'enrichissement par la remise en cycle du combustible irradié, quitte à payer ce qu'il faudra. D'autres pourront penser à l'avenir et économiser leur plutonium en vue de l'utiliser dans des réacteurs rapides dont le prix sera vraiment bas. Mais beaucoup dépend de la question de savoir si c'est de l'uranium naturel ou de l'uranium enrichi qu'on choisira comme combustible des usines thermonucléaires qui seront mis en service avant 1970 ou 1975.

Pourquoi ces premières usines entrent-elles en ligne de compte? C'est que, si on irradie deux genres de combustible—de l'uranium naturel et de l'uranium modérément enrichi—le premier engendrera plus de plutonium à cause de son accumulation rapide dans le réacteur. Le combustible enrichi permet de récupérer plus de plutonium, mais aussi d'en brûler plus. Par conséquent, en employant un combustible qui, au départ, a une teneur en U-235 plus forte que la moyenne, on obtient en fin de compte moins de plutonium que si on avait employé à la place plusieurs charges d'uranium naturel.

De nouveau, il est bon de rappeler que le plutonium a ses désavantages. C'est une substance difficile à manipuler. En plus d'être radioactive, elle est extrêmement toxique. Les frais de fabrication sont donc beaucoup plus élevés que ceux des combustibles d'uranium modérément enrichis. Les réacteurs employant du plutonium seront peut-être aussi plus complexes. Cela pourrait ajouter \$15 le kilowatt à leur prix de construction. Si le plutonium possède un avantage, il faut donc le chercher dans des frais de transformation moindres que ce qu'il en coûte pour enrichir l'uranium dans une usine de diffusion.

Enfin, il importe de mentionner le degré d'avancement actuel. Il reste à récupérer le plutonium en quantités commerciales (autrement que pour des fins militaires). Il n'est pas très employé non plus dans les usines thermonucléaires. Ses frais d'utilisation font donc encore l'objet de beaucoup d'incertitude. Un rapport récemment publié par l'Organisation pour la coopération économique européenne et intitulé *Estimations de la production d'énergie nucléaire en Europe de 1958 à 1965* dit que « les données fondamentales (en ce qui concerne la remise en cycle du plutonium) sont si imprécises et les connaissances techniques actuelles si minces qu'il ne servirait à rien d'essayer d'estimer combien de combustible la récupération permettrait de sauver ». Un haut fonctionnaire de la Commission d'énergie atomique des États-Unis a dit l'an dernier à Genève: « Nous assisterons peut-être un jour à la remise en cycle de quantités commerciales de plutonium ». D'ici là, c'est l'uranium enrichi qui fera presque tout, sinon tout le travail.

### V. Effet d'une baisse du prix de l'uranium naturel

Une baisse du prix de l'uranium naturel est à prévoir. L'oxyde d'uranium, sous forme de concentrés venant des mines, se vend actuellement \$10 la livre. Cependant, la Commission d'énergie atomique des États-Unis a annoncé qu'après 1962 toutes ses acquisitions se feraient au prix de \$8 la livre. Il est permis de présumer que tel sera «le prix de soutien» auquel les producteurs américains vendront presque toute leur production au gouvernement des États-Unis. Ailleurs, le prix pourra fléchir encore plus. Le «prix mondial» pourra descendre jusqu'à \$4 la livre. Les mines canadiennes, pour affronter la concurrence sur un marché restreint, devront peut-être se contenter de prix moindres que la moitié des prix en vigueur aujourd'hui.

Une baisse de prix ne pourra faire autrement qu'améliorer les conditions économiques de l'énergie thermonucléaire. La matière première même sera moins chère. Les frais de fabrication se trouveront aussi diminués parce qu'il y aura moins de pertes au cours de la fabrication. Les barres de combustible d'uranium naturel coûteront donc beaucoup moins qu'à l'heure actuelle (\$6 ou \$8 la livre au lieu de \$15 ou plus).

Il y aura d'importantes conséquences en ce qui concerne la régénération. Une forte baisse du prix de la matière première pourrait faire qu'il n'y ait aucun profit à remettre le plutonium en cycle. Le combustible produit avec une matière nouvellement extraite des mines pourrait être mis de côté, en vue de servir plus tard, après avoir reçu son maximum d'exposition dans des réacteurs utilisant de l'uranium naturel. Il y aurait peut-être moins de plutonium disponible pour enrichissements simplement parce que l'uranium naturel coûterait moins cher comme source de neutrons.

Les prix de l'uranium enrichi s'en ressentiraient aussi. En effet, la matière nourricière d'une usine de diffusion coûte environ la moitié du prix de revient du produit enrichi. Qu'on réduise de 50 p. 100 le prix de la matière nourricière et, fatalement, les prix des combustibles contenant plus de 0.7 p. 100 d'U-235 s'en ressentiront. Par conséquent, les réacteurs utilisant de l'uranium enrichi bénéficieraient eux aussi d'une réduction des prix des minerais et des concentrés nouvellement extraits.

Il y a un autre facteur à retenir. La retransformation des combustibles enrichis pourrait être encore profitable. Leur durée sous irradiation étant plus longue, le plutonium sera présent en plus grandes quantités. De plus, l'U-235 peut encore exister en concentrations supérieures à sa concentration dans l'uranium naturel. Par conséquent, une baisse du prix de l'uranium naturel accompagnée d'une plus-value pour les sous-produits pourrait encore être favorable à l'enrichissement.

### VI. Possibilité d'écouler les résidus d'une usine d'enrichissement

La Division des mines du ministère fédéral des Mines et des Relevés techniques à Ottawa a étudié la possibilité d'utiliser l'uranium comme élément d'alliage dans l'acier. Les résultats de ses recherches sont prometteurs. Les expériences qui se font actuellement sur une grande échelle indiquent que l'uranium a pour effet d'améliorer la résistance aux hautes températures et d'autres caractéristiques de force du fer et de ses alliages. Il est vrai que les proportions d'uranium requises par tonne de produit sont relativement petites, mais les quantités utilisées pourraient quand même devenir considérables. Autrement dit, le succès pourrait fournir un débouché important pour les minerais et concentrés canadiens.

Ce serait une bonne nouvelle non seulement pour les mines canadiennes, car la rentabilité de la séparation des isotopes au Canada pourrait aussi s'en trouver accrue. Les résidus d'une usine de diffusion (qui ont une teneur en U-235 inférieure à la moyenne) sont tout aussi efficaces en métallurgie que le

produit naturel. Ces sous-produits, n'étant pas requis pour la production d'énergie thermonucléaire, pourraient être offerts aux sociétés sidérurgiques à des prix égaux ou inférieurs aux prix demandés par les mines pour les minerais concentrés. Naturellement, les revenus ainsi obtenus aideraient à réduire le prix moyen de l'U-235 séparé, car en produisant une tonne d'uranium modérément enrichi, on obtient plusieurs tonnes d'uranium épuisé<sup>1</sup>.

#### VII. Les besoins d'uranium enrichi

On a tenté de calculer la demande civile dont l'uranium enrichi fera l'objet après 1962. L'uranium enrichi sera utilisé comme combustible dans la plupart des types de réacteurs thermonucléaires, dans presque tous les réacteurs de recherches et, sans exception, dans les organes de propulsion des navires et sous-marins nucléaires. Les petites et les moyennes installations qui pourront servir à produire de la vapeur ou être affectées à d'autres usages industriels pourront aussi utiliser des concentrations d'U-235 supérieures à la moyenne. On prévoit que ce sont les grandes usines thermonucléaires qui utiliseront les quantités les plus importantes.

Le tableau suivant donne les estimations publiées déjà des puissances de production que posséderont en 1970 les usines génératrices thermonucléaires alimentées de combustible enrichi dans différentes parties du monde. Il donne aussi la proportion que le Canada ou d'autres pays (sauf les États-Unis) pourraient approvisionner si:

- Les projets prévoyant actuellement l'utilisation d'uranium naturel ne sont pas modifiés en vue d'utiliser de l'uranium enrichi;
- Les États-Unis dirigent vers leurs installations commerciales et vers l'exportation un tiers de la production de leurs usines de diffusion; et
- Si cette production des États-Unis l'emporte sur l'uranium enrichi provenant de toute autre source.

| Pays                   | Puissance installée<br>des réacteurs utili-<br>sant un combustible<br>enrichi en 1970<br>(en mégawatts) | Puissance approvi-<br>sionnée par des<br>fournisseurs autres<br>que les États-Unis<br>(en mégawatts) |
|------------------------|---|--|
| États-Unis .....       | 10-12,000   | —  |
| Marché commun d'Europe | 5- 6,000  | 4,500  |
| Royaume-Uni .....      | 3,000   | 3,000  |
| Canada .....           | —   | —  |
| Japon .....            | 1,000   | 500  |
| Autres .....           | 2,000   | 1,000  |
| Total .....            | 21-24,000   | 9,000  |

Il est peu probable que les États-Unis achètent d'un autre pays une partie quelconque de leurs approvisionnements. De plus, les usines américaines de diffusion pourront satisfaire, mettons 25 p. 100 des besoins des pays européens et des autres pays étrangers<sup>2</sup>. En soustrayant ces quantités de la première colonne, nous arrivons à un chiffre de 9,000 mégawatts en 1970. Les besoins de combustible pourront être plus ou moins considérables que ceux prévus ici, selon la justesse des suppositions faites ci-dessus. Il est certain qu'il en faudra plus si les usines utilisant de l'uranium naturel sont incapables d'afficher un

<sup>1</sup> Voir les quantités approximatives aux pages 2 et 24.

<sup>2</sup> D'après un récent rapport de l'OECE, les besoins des pays d'Europe en 1965 seront de 500 tonnes par année.

avantage marqué sur le charbon et le mazout quant au prix de revient du kWh. L'enrichissement, comme moyen de réduire les frais de production, aurait alors beaucoup d'attrait. L'assurance de pouvoir obtenir de l'uranium enrichi d'un autre pays que les États-Unis, si elle était fournie assez tôt, pourrait aussi aider à augmenter ces estimations.

Naturellement, des quantités moindres seront requises d'ici là. En revenant aux suppositions faites plus haut, nous constatons que si un autre pays que les États-Unis était en mesure de fournir de l'uranium modérément enrichi, il pourrait avoir à satisfaire une demande supérieure à 500 tonnes par année en 1965 et cette demande pourrait être de l'ordre de 1,500 tonnes par année en 1970.

*Quantités d'uranium  
enrichi que le Canada  
pourrait vendre*

*Années*

*(en tonnes métriques)*

|            |       |
|------------|-------|
| 1963 ..... | 250   |
| 1964 ..... | 500   |
| 1965 ..... | 600   |
| 1966 ..... | 700   |
| 1967 ..... | 800   |
| 1968 ..... | 1,000 |
| 1969 ..... | 1,200 |
| 1970 ..... | 1,500 |

#### *VIII. Quelles autres possibilités s'offrent au Canada!*

Le Canada est un gros producteur de concentrés d'uranium. Il lui faut par conséquent se soucier de l'ampleur, des perspectives d'expansion future et de la nature du marché qu'il y a pour les combustibles nucléaires. Parce que notre pays est bien pourvu d'autres sources d'énergie relativement peu coûteuses, ses propres besoins seront faibles. Pour que l'industrie canadienne des mines d'uranium parvienne à conserver quelque chose de sa présente vigueur après 1962, il faudra donc qu'elle continue d'exporter.

Différents types de réacteurs se feront concurrence et tenteront de s'imposer. On peut, en général, les diviser en deux catégories. L'une consomme de l'uranium naturel. L'autre consomme des combustibles enrichis. Il arrive que, par le nombre de tonnes, les besoins des deux catégories de réacteurs sont sensiblement les mêmes. La seule différence est apportée par le processus d'enrichissement. Une certaine quantité de métal est gardée en stock aux usines de diffusion. Le choix s'arrête à peu près là.

L'enrichissement du plutonium est une autre affaire. La remise en cycle pourrait réduire de moitié le marché de l'uranium. Peu de pays se plaisent à l'idée de n'avoir à compter que sur les États-Unis pour s'approvisionner en combustible enrichi. N'ayant rien de mieux à faire, ils peuvent décider de traiter leur propre combustible irradié pour récupérer le plutonium. Il est possible qu'ils le fassent, bien que ce combustible soit éventuellement susceptible de donner un bien meilleur rendement dans des réacteurs à neutrons rapides, du type engendreur. Si le Canada était en mesure d'offrir de l'uranium enrichi à des prix intéressants, il pourrait arrêter cette tendance. Non seulement se trouverait-il à encourager une façon plus économique d'utiliser les approvisionnements mondiaux de combustible nucléaire, mais il se trouverait aussi à sauvegarder une plus large part du marché au cours des prochaines années pour l'uranium nouvellement extrait des mines.

Les réacteurs utilisant l'eau lourde comme modérateur sont parfois considérés comme formant une classe à part. Ils fonctionnent à l'uranium naturel.

Mais ils consomment aussi *moins* d'uranium par kilowatt de puissance installée que beaucoup d'autres types de réacteurs. Le Canada n'est plus producteur d'eau lourde. Et il est peu probable qu'il devienne gros exportateur de cette coûteuse substance modératrice. D'autres nations, utilisant des procédés chimiques plutôt que des procédés exigeant beaucoup d'électricité, sont capables de satisfaire leurs propres besoins. Le programme actuel de Chalk River souffre donc de deux grandes défauts. Le premier, c'est que, s'il réussissait d'une façon générale, la demande dont l'uranium fait l'objet en ce moment diminuerait. Le deuxième, c'est que le Canada ne peut pas affronter la concurrence comme exportateur d'eau lourde, tandis qu'il le peut comme exportateur d'uranium enrichi.

Il y a un autre point qu'il importe de souligner encore une fois. Il faudrait accorder plus d'attention à la discipline qu'imposent les frais d'immobilisation. Les sommes à immobiliser en installations et en équipement nucléaires devront subir une baisse radicale pour que l'énergie nucléaire puisse faire concurrence à l'électricité fournie par le charbon et le mazout. Peut-être l'industrie est-elle capable d'assurer sa propre rentabilité. Mais elle ne peut pas compter indéfiniment sur des subventions du gouvernement pour construire des réacteurs. Tôt ou tard, l'industrie de l'énergie nucléaire devra payer des impôts et rétribuer convenablement ses capitaux. Il faudra adopter des types de réacteurs et concevoir des installations qui soient capables de produire un rendement de 10 ou 15 p. 100 sur chaque installation nouvelle avec son équipement. On arrivera infailliblement à des cycles d'alimentation en combustibles qui soient compatibles avec cette sorte de comptabilité. Et on y arrivera en utilisant des combustibles enrichis.

Et puis, il y a l'élan du programme actuel de développement à considérer. La technique américaine pèse de tout son énorme poids du côté de l'enrichissement de l'uranium. Le Royaume-Uni, malgré son désir de rester indépendant des États-Unis en cette matière, se voit contraint d'utiliser des combustibles à plus forte teneur en U-235. D'autres pays suivront son exemple. Le Canada ne peut pas se payer le luxe de fermer les yeux sur cette évolution générale, d'une logique inexorable, qui fait abandonner l'usage de l'uranium naturel.

Au point où en sont les choses actuellement, le Canada ne peut vendre de l'uranium enrichi que si les États-Unis consentent à acheter, puis à enrichir les concentrés d'uranium qui quittent les mines canadiennes. Moyennant ris-tourne, cela est possible pour un temps. Cependant, s'il enrichissait lui-même une proportion considérable de sa production d'uranium, le Canada apporterait une solution plus satisfaisante au problème d'écouler son uranium.

#### IX. Caractéristiques d'une installation conçue pour le Canada

Le traitement de l'uranium est déjà devenu une grande industrie aux États-Unis. Il s'est aussi construit des usines de diffusion au Royaume-Uni, en France et dans l'Union soviétique. De son côté, le Canada ne produit que de l'uranium naturel, presque tout sous forme de minerai concentré ou d'oxyde brut. Il lui faut donc importer le combustible nucléaire enrichi. A cet égard, il est important de retenir que:

1. Étant donné qu'il exige de vastes quantités d'électricité, l'enrichissement de l'uranium devrait se faire là où l'électricité est à la fois abondante et peu coûteuse;
2. Étant donné que les quantités de matière nourricière et de produits à transporter sont petites si on les compare à d'autres matières tirées de nos ressources naturelles que nous traitons, il est possible de construire à des endroits éloignés des usines pour séparer l'U-235;

et

3. Parce que l'usage de l'uranium enrichi répand de plus en plus des deux côtés de l'Atlantique (comme moyen de réduire les frais d'immobilisation des usines génératrices nucléaires), l'U-235 a devant lui un marché commercial qui grandit.

En équipant à peu de frais une importante source d'énergie électrique dans le Nord canadien, on pourrait donc attirer cette industrie dans notre pays.

Très peu de traités ont été publiés sur cette question. Cependant, les données obtenues des États-Unis nous fournissent certains points de repère. Le total des immobilisations faites aux États-Unis en usines de diffusion est maintenant de l'ordre de \$2,300,000,000. Ensemble, trois usines de ce genre consomment environ 50 milliards de kWh d'électricité par année. Le facteur d'utilisation étant de 95 p. 100, elles absorbent la production totale d'une puissance installée sur cours d'eau de quelque 6 millions de kilowatts (soit 40 p. 100 du potentiel actuellement équipé au Canada). Des installations semblables, si on en construisait au Canada, fourniraient évidemment un débouché pour l'énergie latente de certains des emplacements les plus éloignés qu'il y a sur les cours d'eau canadiens.

S'il se construisait dans le Nord canadien une usine de diffusion aux dimensions « moyennes » pour produire un combustible modérément enrichi, cette usine pourrait avoir les caractéristiques suivantes:

|   | 500 mégawatts | 1,000 mégawatts |
|---|---------------|-----------------|
| Capital immobilisé .....                          | \$250,000,000 | \$400,000,000   |
| Frais d'amortissement (15% l'an, 5° année) .....  | 30,000,000    | 48,000,000      |
| Prix de l'électricité (3/1000 cent du kWh) .....  | 13,000,000    | 25,000,000      |
| Entretien (3% par année) .....                    | 8,000,000     | 12,000,000      |
| Main-d'œuvre et autres frais d'exploitation ..... | 6,000,000     | 12,000,000      |
| Matière nourricière de l'usine de diffusion ..... | 50,000,000    | 100,000,000     |
| Frais administratifs et autres ....               | 5,000,000     | 8,000,000       |
| Valeur totale de la production ....               | \$112,000,000 | \$205,000,000   |

On voit que la dépense en électricité (à 3 millièmes de cent du kWh) serait égale à 12 p. 100 de la valeur brute de la production annuelle. Si l'électricité coûtait 8 m. de cent comme au Royaume-Uni, la proportion serait d'environ 26 p. 100. Et si son prix était de 10 m. de cent ou plus comme en Europe continentale, la proportion dépasserait 30 p. 100. Les proportions correspondantes de « la valeur ajoutée par la fabrication » sont 19 p. 100 (à 3 millièmes de cent); 37 p. 100 (à 8 m. de cent); et 45 p. 100 (à 10 m. de cent).

La plus petite usine aurait besoin de 4 milliards de kWh d'énergie électrique par année et exigerait une puissance installée d'au moins 500,000 kilowatts. Trois mille six cents tonnes de matière nourricière (uranium naturel) entreraient dans l'usine chaque année et la production comprendrait:

- a) 1,250 tonnes d'uranium modérément enrichi; et
- b) 2,500 tonnes de matière usée.

L'usine aurait sur place 800 employés réguliers.

La plus grande usine (ou la plus petite agrandie) aurait besoin de 8 milliards de kWh et d'une puissance installée d'environ 1,000,000 de kilowatts. Elle pourrait utiliser plus de 7,200 tonnes de matière nourricière pour produire:

- a) 2,500 tonnes d'uranium modérément enrichi; et
- b) 5,000 tonnes de matière usée.

Elle fournirait un emploi régulier à un total de 1,500 hommes (tout comme Kitimat en plein essor).

#### X. Conclusions

Les conclusions suivantes se dégagent de la présente étude:

1. La construction d'usines thermonucléaires utilisant de l'uranium enrichi comme combustible sera moins coûteuse que celle d'usine brûlant de l'uranium naturel. Ceci est important, car les taux d'intérêt resteront probablement élevés (le plein emploi et l'inflation aidant) et les frais d'immobilisation des usines thermonucléaires tendront toujours à dépasser ceux des usines thermiques fonctionnant au charbon, au mazout ou au gaz naturel.
2. Les installations d'enrichissement coûteront peu par rapport au total des immobilisations faites en usines génératrices thermonucléaires. Leur prix n'atteindra peut-être pas 5 p. 100 du prix des usines génératrices. Par conséquent, l'économie de frais de construction qui peut découler de l'usage d'uranium enrichi peut imposer la construction d'usines de diffusion capables d'isoler l'isotope fissile de l'uranium, l'U-235.
3. Il suffit de concentrations modérées (2 p. 100 ou moins) pour réaliser ces économies. Les quantités d'électricité requises pour le traitement et les immobilisations nécessaires en usines de diffusion se trouveront réduites en proportion.
4. Les combustibles modérément enrichis ne coûtent pas nécessairement *plus cher* que l'uranium naturel. Les prix unitaires (c'est-à-dire au gramme ou à la livre) seront plus élevés, mais la différence sera aisément compensée par l'emploi de matériaux moins coûteux pour les gaines, par l'étirement des temps d'exposition, par l'augmentation du rendement des usines et par les meilleurs bénéfices provenant de la récupération et de la vente des sous-produits. Si l'on ajoute à cela qu'à eux seuls les frais de combustible pourront ne pas atteindre 20 p. 100 du prix total de revient de l'énergie nucléaire, il est permis de présumer que d'autres motifs feront pencher la balance pour ou contre l'enrichissement.
5. Parce que les réacteurs utilisant des combustibles enrichis peuvent tolérer l'emploi d'une plus grande variété de matériaux de construction coûtant moins cher, ils jouissent d'une plus grande faveur. Quelques-uns seulement des projets les plus récents comportent l'utilisation de l'uranium naturel, la majorité étant orientée vers les combustibles enrichis. Les types de réacteurs que projettent des groupes compétents et indépendants fournissent peut-être le meilleur indice quant à leurs possibilités futures.
6. Une baisse du prix de l'uranium naturel ne favoriserait pas nécessairement son emploi comme combustible, car elle ferait également fléchir le prix de l'uranium enrichi et rendrait moins rentable la récupération du principal concurrent de l'uranium, c'est-à-dire le plutonium.
7. Le prix des matières nourricières compte actuellement pour moitié dans le prix de revient de l'uranium enrichi. Par conséquent, une usine canadienne qui obtiendrait son minerai concentré à des prix moyens plus bas devrait pouvoir réaliser d'importantes économies en produisant une matière riche en U-235. La découverte d'applications pour l'U-238 restant comme sous-produit (par exemple, l'usage de l'uranium en alliage avec l'acier) devrait aussi aider à rendre plus rentable la séparation des isotopes. En étant mieux en mesure de fournir de l'uranium enrichi aux degrés les plus accessibles

d'être exigés et à des prix faisant concurrence à ceux demandés par la Commission d'énergie atomique des États-Unis, le Canada pourrait:

- a) Trouver des débouchés pour une plus forte proportion de sa production minière; et
- b) Acquérir une nouvelle industrie d'une importance comparable à celle de Kitimat ou d'Arvida.

#### ANNEXE (i)

#### L'ENRICHISSEMENT DE L'URANIUM LAISSÉ À L'INITIATIVE PRIVÉE

Aux États-Unis, l'*Atomic Industrial Forum* a récemment publié une étude sur les aspects économiques de l'enrichissement de l'uranium. Il a conclu que:

- a) D'ici 1975 il n'y aura aucune grave pénurie d'uranium enrichi;
- b) L'échelle des prix actuels de la Commission d'énergie atomique des États-Unis ne sera pas augmentée; et que
- c) De nouvelles usines de diffusion peuvent se construire pour le tiers seulement du prix qu'ont coûté les installations américaines actuelles.

Un comité spécial avait été chargé de faire cette étude. Il était dirigé par Kenneth D. Nichols, conseiller et ancien directeur général de la Commission d'énergie atomique, et comprenait Percival F. Brundage, associé retraité de *Price, Waterhouse and Company* et ancien directeur du *U.S. Bureau of the Budget*, et William Webster, président du *New England Electric System* et ancien président du comité de liaison militaire entre la Commission d'énergie atomique et le ministère de la Défense.

Voici quelques extraits du rapport de ce comité:

1. «(...) les prix publiés de l'U-235 ne comprennent aucune subvention du gouvernement. De plus, par suite des progrès techniques et des économies réalisées depuis l'établissement des prix de l'U-235 en 1955 et compte tenu des autres économies et des autres progrès techniques à prévoir, nous sommes d'avis qu'à l'avenir les prix de l'U-235 par rapport au dollar de 1959 ne devraient pas augmenter et qu'une baisse pourrait être justifiée.

«De plus, dans l'hypothèse que les besoins pour la production d'armes prendraient fin à la suite d'accords de désarmement, nous sommes d'avis qu'il ne serait pas nécessaire de majorer les prix déjà publiés, même avec l'augmentation du prix de revient qu'on aurait à subir si les usines fonctionnaient seulement pour satisfaire les besoins prévus des usines génératrices et les autres besoins pacifiques.

2. «Un coup d'œil sur les besoins futurs d'U-235, tant militaires que commerciaux, et une revue des réserves de minerai ainsi que des moyens que possèdent les États-Unis pour raffiner l'uranium et en séparer les isotopes indiquent qu'il y aura des approvisionnements suffisants d'uranium, non seulement pour maintenir les réserves, mais aussi pour alimenter des usines génératrices thermonucléaires ayant une puissance installée d'au moins 40,000,000 de kilowatts. Pour notre estimation, nous avons supposé que cette puissance s'installerait au cours des quinze prochaines années. Cette puissance de 40,000,000 de kilowatts ne comprend pas, cependant, les usines supplémentaires qu'on pourrait avoir en utilisant le plutonium ou l'uranium naturel comme combustible.

3. «Les conclusions qui précèdent indiquent qu'il ne faudra aucune nouvelle grande usine de séparation au moins pendant la période envisagée. De plus, des études fondées sur les progrès techniques réalisés aux États-Unis indiquent que, s'il devient nécessaire d'augmenter les moyens disponibles pour séparer l'U-235, une usine de séparation et l'usine génératrice ordinaire qu'il faudra pour l'alimenter en électricité coûteront quelque 500 millions de dollars, mais pourront fournir assez d'uranium faiblement enrichi pour alimenter une puissance installée de 20 à 30 millions de kilowatts. Cette étude a porté sur une usine de séparation qui fournirait aux centrales thermonucléaire de l'uranium enrichi titrant jusqu'à environ 3 p. 100 d'U-235. Nous avons présumé que les charges fixes de l'installation seraient de 14 p. 100 du capital immobilisé, que la matière nourricière coûterait \$8 la livre d'U-308, que l'énergie électrique actionnant l'usine de séparation reviendrait à 8 millièmes de cent du kWh et que les frais d'exploitation correspondraient à ceux des usines actuelles de séparation. Nous sommes arrivés à la conclusion que cette usine de séparation pourrait produire de l'U-235 à des prix de revient situés en deçà des bornes posées par les prix actuellement demandés par la Commission d'énergie atomique pour l'U-235. Si l'énergie électrique consommée par cette usine était fournie par des centrales thermonucléaires, les prix de revient pourraient dépasser les prix de vente publiés, mais pas de plus que 10 p. 100.»

Le texte de ce communiqué à la presse indique que ceux qui projettent des usines thermonucléaires peuvent être tranquilles: le prix de l'uranium enrichi à utiliser comme combustible ne montera pas avant nombre d'années. Et ce qui est encore plus important, les pays autres que les États-Unis peuvent entrevoir le jour où leurs propres besoins pourront être satisfaits par d'autres usines de séparation dont la construction aura coûté *beaucoup moins* que celles actuellement exploitées par la Commission d'énergie atomique des États-Unis.

#### ANNEXE (ii)

#### COMPARAISON ENTRE LE PRIX D'UNE FABRIQUE D'EAU LOURDE ET CELUI D'UNE USINE POUR ENRICHIR L'URANIUM

Les efforts déployés au Canada pour créer des sources nucléaires d'énergie électrique visent en grande partie à perfectionner un réacteur consommant de l'uranium naturel et utilisant l'eau lourde comme modérateur. L'eau lourde (D<sub>2</sub>O ou oxyde de deutérium) est présente dans l'eau ordinaire, qui en contient 140 à 150 parties sur un million. Aucune autre substance ne modère ou ralentit aussi bien les neutrons que produit la fission atomique. Elle n'a aucun rival à cet égard.\* C'est en partie pour cette raison, et aussi parce que les États-Unis et le Royaume-Uni n'étaient pas disposés à entreprendre de mettre au point un réacteur à l'eau lourde que le Canada s'est engagé dans cette voie en 1946.

L'eau lourde coûte cher. Ses frais de production ont diminué, mais ils sont encore de l'ordre de \$28 la livre. Employée à la fois comme modérateur et refroidisseur, comme elle le sera dans la centrale de 200 mégawatts devant être construite pour l'Hydro-Ontario à Kincardine, en Ontario, on estime que l'eau lourde constituera environ 15 p. 100 du total des frais de chaque nouvelle et

\* On utilise diverses substances comme modérateurs. Voici quels sont approximativement les rapports entre les rendements qu'elles donnent: eau ordinaire, 72; béryllium, 159; graphite, 170; eau lourde, 12,000.

grande centrale thermonucléaire au Canada. Il en faudra manifestement des quantités considérables. Pendant les premières années, on pourra importer les approvisionnements voulus des États-Unis. Cependant, si les prévisions d'*Atomic Energy of Canada Limited* se réalisent, les besoins en Ontario pourraient justifier l'établissement d'une industrie productrice d'eau lourde au Canada vers la fin de la présente décennie ou au début de la suivante.

Il serait peut-être intéressant de comparer les immobilisations nécessaires pour produire de l'eau lourde à celles nécessaires pour enrichir l'uranium. Cette comparaison est fournie à la page suivante à la fois par un graphique et un tableau. Par kilowatt de puissance thermonucléaire de production, les deux prix de construction sont semblables (environ \$17 le kilowatt) si la charge s'accroît à un rythme annuel de 7 p. 100 ou moins. On affrontera, cependant, des taux d'accroissement de la charge beaucoup plus élevés le jour où l'énergie nucléaire aura commencé de faire concurrence aux autres sources d'électricité. Pour répondre à un accroissement de charge de 14 p. 100, il faudra dépenser environ deux fois plus en installations productrices d'eau lourde qu'il ne faudrait dépenser en installations pour enrichir l'uranium, et trois fois plus peut-être si l'accroissement est supérieur à 30 p. 100. Ainsi, il semble que tout pays ayant à choisir entre l'eau lourde et l'enrichissement de l'uranium doit se demander si les avantages d'exploitation qu'offrent les systèmes à l'eau lourde l'emportent sur l'inconvénient d'avoir à immobiliser les capitaux beaucoup plus considérables que ces systèmes exigent.

Pour rendre ces observations plus concrètes, disons que, si le Canada s'en tient aux stations thermonucléaires du type que s'applique à développer l'*Atomic Energy of Canada Limited*, le Canada aura immobilisé en installations productrices d'eau lourde environ 50 millions de dollars en 1965, 100 millions en 1970, et 200 millions en 1975. Cette puissance de production, non pas comme celle d'une usine de diffusion, serait toute entière employée à satisfaire les besoins du pays.

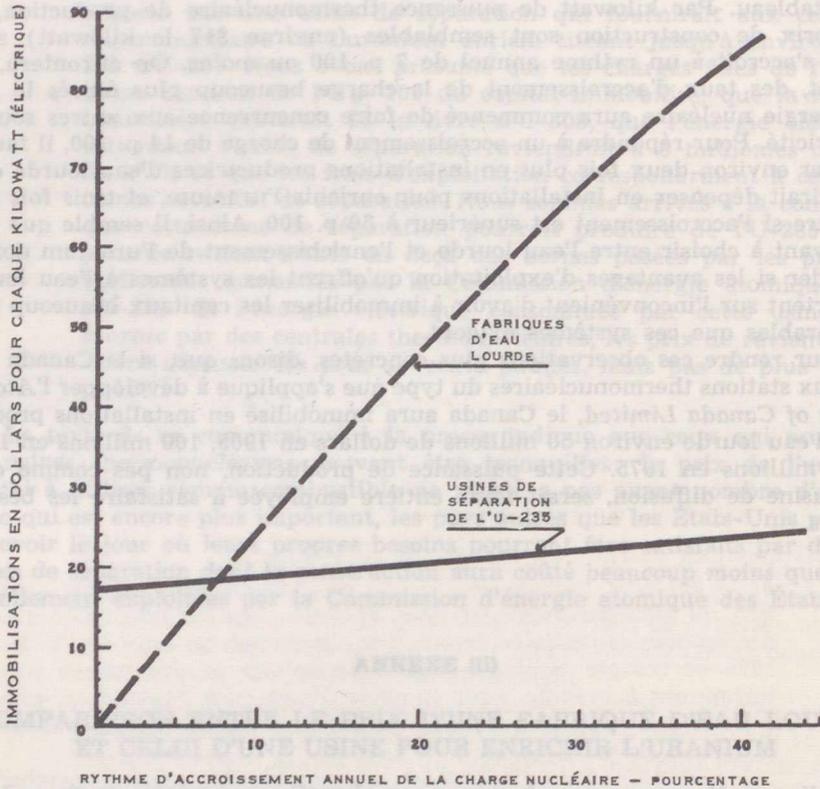
Il ne faut pas non plus perdre de vue que le programme canadien est fondé sur l'emploi d'eau lourde et d'uranium enrichi. Ces deux matières sont coûteuses. Chacune d'elles peut ajouter jusqu'à une millier de cent par kilowatt-heure au prix de revient de l'énergie électrique produite par des moyens nucléaires. Pour être indépendant, le Canada devra, se construire une coûteuse usine pour produire de l'eau lourde, soit immobiliser une forte somme en installations pour traiter l'uranium. Dans un cas comme dans l'autre, l'aspect le plus intéressant est le commerce d'exportation qui présente une différence. Une usine d'enrichissement de l'uranium peut servir à satisfaire les besoins des marchés du monde. D'autre part, une série d'installations productrices d'eau lourde serait

ment leurs propres besoins en construisant de petites usines et en ayant recours à des centrales de puissance relativement petites d'énergie électrique.

En ce qui concerne la fabrication d'eau lourde souffre d'une faiblesse fondamentale. La charge initiale nécessite une quantité moindre d'uranium. La technique de l'eau lourde nécessite la demande dont l'uranium neuf fait défaut. D'autre part, une usine d'enrichissement fait employer plus d'uranium comme combustible. Il faut immédiatement plus de minerai et plus de concentrés de minerai. Et, en jetant un coup d'œil quelques années en avant, on constate que l'emploi d'uranium modérément enrichi comme combustible devrait atténuer le danger que font peser sur l'industrie de l'uranium les réacteurs reproducteurs, à neutrons rapides, utilisant du fluorure.

Dans la conception d'un réacteur destiné à produire de l'énergie électrique, le grand objectif est de réduire le coût de construction. Des installations productrices d'eau lourde peuvent être utiles à cet égard en réduisant au minimum le

COURBES DES IMMOBILISATIONS REQUISES  
 A) INSTALLATIONS PRODUCTRICES D'EAU LOURDE ET  
 B) USINES DE DIFFUSION  
 EN FONCTION DE L'ACCROISSEMENT DE LA CHARGE ÉLECTRIQUE



Prix des nouvelles installations en dollars  
 pour chaque KW de puissance électrique

| Accroissement<br>de la charge<br>nucléaire<br>% | Eau lourde<br>\$/KW(e) | Uranium<br>enrichi<br>\$/KW(e) |
|---|------------------------|--------------------------------|
| 0   | 0                      | 17                             |
| 7   | 17                     | 18                             |
| 14  | 33                     | 19                             |
| 21  | 49                     | 20                             |
| 28  | 63                     | 22                             |
| 35  | 75                     | 23                             |

## ANNEXE (iii)

## QUELQUES AUTRES CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Pour transformer l'énergie nucléaire en électricité, le Canada s'efforce actuellement de mettre au point un type de réacteur utilisant l'uranium naturel comme combustible et l'eau lourde comme modérateur. Pourquoi? Il y a d'abord une raison historique, et c'est que les « autres puissances nucléaires » ont négligé les possibilités de l'eau lourde au cours des années qui ont immédiatement suivi la guerre. Une autre raison, c'est que le Canada ne possédait pas sa propre usine d'enrichissement de l'uranium. Pendant quelque temps, il a produit de l'eau lourde. Et parce que l'eau lourde permettait de construire des installations plus compactes et coûtant moins cher, on a jugé que c'était la voie dans laquelle le Canada devait s'engager.

Il est à peu près inévitable qu'une grande institution de recherches comme l'*Atomic Energy of Canada Limited* devienne comme rivée à la route qu'elle a suivie pendant des années. En général, les hommes de science ont une cause à faire triompher. Il est inutile d'espérer d'eux qu'ils reconnaissent que d'autres formules, fondamentalement différentes de la leur, ont une plus grande valeur économique. Dans d'autres pays, il y a aussi d'autres équipes de chercheurs qui prétendent être dans la bonne voie. Il demeure que les Canadiens utiliseront éventuellement l'uranium comme source commerciale d'énergie et qu'ils ont un choix à faire. Malgré les subventions fournies par Ottawa pour les recherches et le perfectionnement, ils peuvent décider d'acheter leurs usines et leur équipement ailleurs. Des prototypes ayant fait leurs preuves et une main d'œuvre moins chère sont deux puissants facteurs susceptibles de faire prendre cette décision. Ceux sur qui pèsera, tôt ou tard, l'obligation de choisir devront donc tenir compte des considérations économiques plus approfondies auxquelles l'industrie est astreinte dans des domaines moins bien protégés.

Il ne faut pas non plus perdre de vue que le programme canadien est fondé sur l'emploi d'eau enrichie plutôt que d'uranium enrichi. Ces deux matières sont coûteuses. Chacune d'elles peut ajouter jusqu'à un millième de cent par kilowatt-heure au prix de revient de l'énergie électrique produite par des moyens nucléaires. Pour être indépendant, le Canada devra, soit construire une coûteuse usine pour produire de l'eau lourde, soit immobiliser une forte somme en installations pour traiter l'uranium. Dans un cas comme dans l'autre, l'appui du gouvernement sera probablement nécessaire. Mais c'est le commerce d'exportation qui produit une différence. Une usine d'enrichissement de l'uranium pourrait affronter avec succès la concurrence sur les marchés du monde. D'autre part, une série d'installations productrices d'eau lourde serait moins compétitive parce que les autres pays pourraient satisfaire plus aisément leurs propres besoins en construisant de petites usines et en ayant recours à des procédés absorbant des quantités relativement petites d'énergie électrique.

En ce qui concerne l'industrie minière, la fabrication d'eau lourde souffre d'une faiblesse fondamentale. La charge initiale du réacteur exige une quantité moindre d'uranium. La technique de l'eau lourde réduit donc la demande dont l'uranium neuf fait l'objet. D'autre part, une usine d'enrichissement fait employer plus d'uranium comme combustible. Il faut immédiatement plus de minerai et plus de concentrés de minerai. Et, en jetant un coup d'œil quelques années en avant, on constate que l'emploi d'uranium modérément enrichi comme combustible devrait atténuer le danger que font peser sur l'industrie de l'uranium les réacteurs reproducteurs, à neutrons rapides, utilisant du thorium.

Dans la conception d'un réacteur destiné à produire de l'énergie électrique, le grand objectif est de réduire le prix de construction. Des installations productrices d'eau lourde peuvent être utiles à cet égard en réduisant au minimum le

stock d'uranium que le réacteur doit avoir comme combustible. Mais—et c'est là une réserve importante—le réacteur fonctionnant à l'eau lourde demeure essentiellement un type de réacteur pour «la charge de base». Parce que son rendement est moindre quand on l'utilise d'une façon intermittente, pendant le jour, la semaine ou l'année, on ne peut pas compter s'en servir pour satisfaire plus qu'environ 40 p. 100 du total de la demande l'électricité. Les stations brûlant des combustibles enrichis ne sont pas nécessairement affligées de cet inconvénient. En exigeant des immobilisations moins fortes et en affectant aux combustibles une plus forte proportion de leurs frais d'exploitation, elles demeurent capables de devenir compétitives dans le secteur le plus considérable et le plus diversifié du marché de l'électricité.

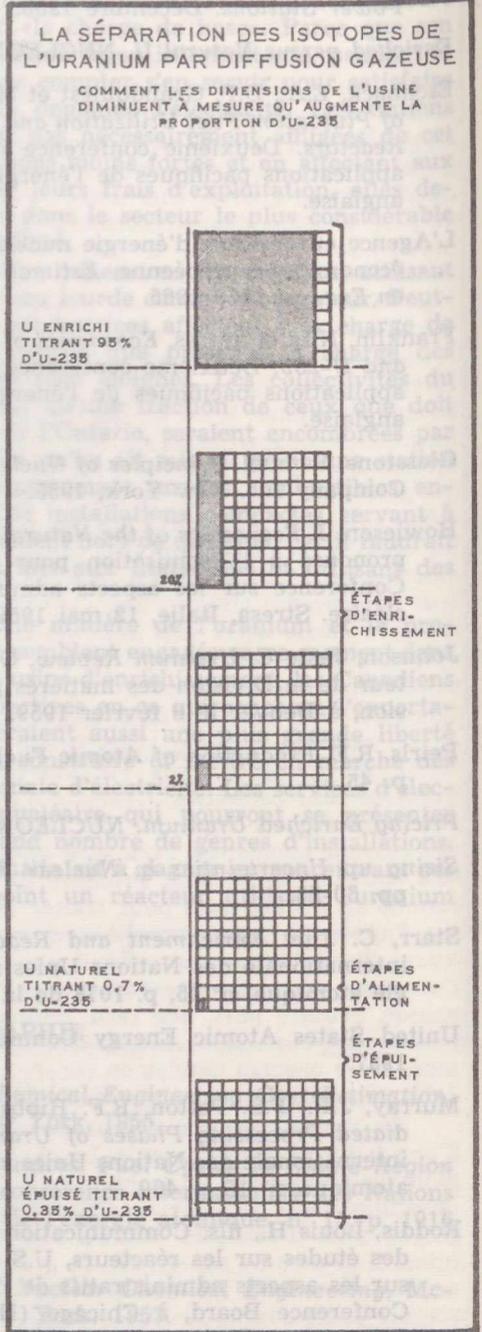
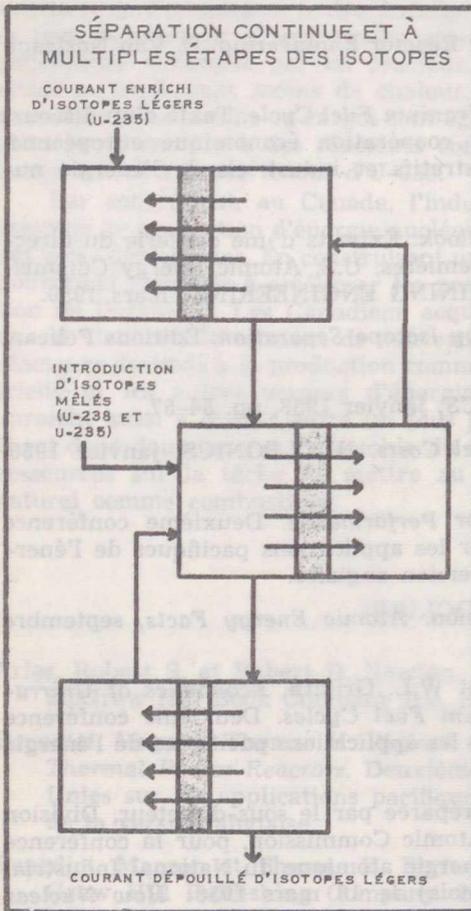
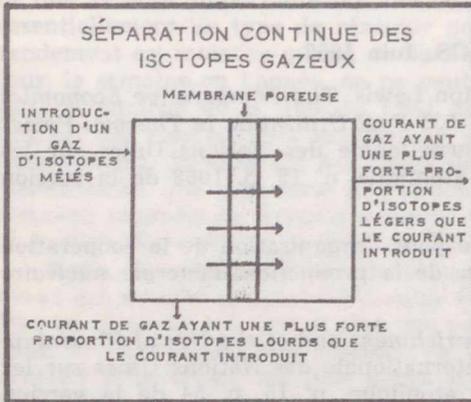
Enfin, il n'est pas facile de réduire les dimensions du réacteur utilisant l'uranium naturel comme combustible et l'eau lourde comme modérateur. Peut-être ce réacteur convient-il aux stations génératrices affectées à la charge de base. Il ne s'adapte pas aisément à la courbe que présente la charge des services d'électricité les plus petits et les plus éloignés. Les collectivités du Nord, dont les besoins d'électricité ne sont qu'une fraction de ceux que doit satisfaire la Commission hydroélectrique de l'Ontario, seraient encombrées par ce type de réacteur. Il leur faudra attendre qu'on ait mis au point une station génératrice actionnée par un réacteur consommant un des combustibles enrichis et produisant moins de chaleur. Les installations compactes servant à propulser sous-marins ou cargos sont également hors de question, car il faudrait alors avoir recours à des réacteurs construits aux États-Unis et utilisant des combustibles à haute teneur d'U-235.

Par conséquent, au Canada, l'industrie minière de l'uranium et le programme de production d'énergie nucléaire semblent engagés en ce moment dans des voies divergentes. En construisant une usine d'enrichissement, les Canadiens pourraient parvenir à améliorer les perspectives en ce qui concerne l'exportation de l'uranium. Les Canadiens acquerraient aussi une plus grande liberté quand viendrait le moment de concevoir, construire et mettre en marche des réacteurs destinés à la production commerciale d'électricité. Les services d'électricité et les autres usagers d'énergie nucléaire qui pourront se présenter auraient aussi à choisir entre un plus grand nombre de genres d'installations. Il est donc douteux que l'ensemble du Canada ait à gagner en concentrant ses ressources sur la tâche de mettre au point un réacteur utilisant l'uranium naturel comme combustible.

#### BIBLIOGRAPHIE

- Aries, Robert S. et Robert D. Newton. *Chemical Engineering Cost Estimation*. McGraw Hill Book Company Inc. New York, 1955.
- Benedict, Manson, Thomas H. Pigford et autres. *Fuel Cycles in Single-Region Thermal Power Reactors*. Deuxième conférence internationale des Nations Unies sur les applications pacifiques de l'énergie atomique, n° 15, p. 1016 de la version anglaise.
- Benedict, Manson et Thomas H. Pigford. *Nuclear Chemical Engineering*. McGraw Hill Publishing Company. New York, 1957.
- Cohen, Karl. *Charting a Course for Nuclear Power Development*. NUCLEONICS, janvier 1958, pp. 66-70.
- Cohen, Karl. *The Theory of Isotope Separation*. McGraw Hill Publishing Company. New York, 1951.

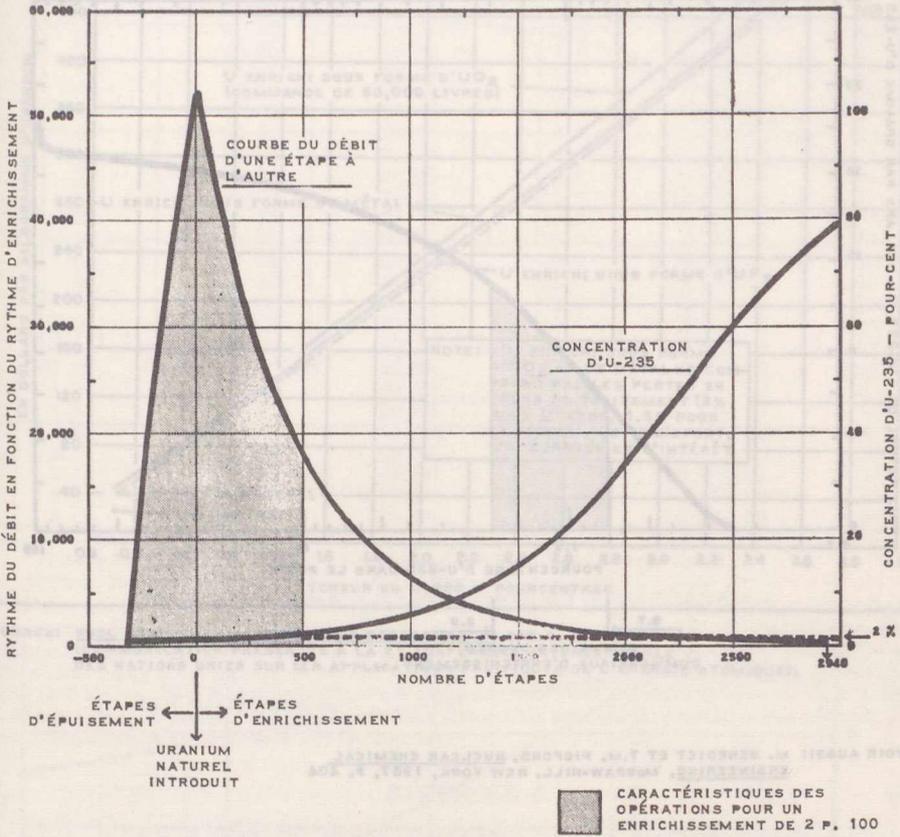
- Edison Electric Institute. *Survey of Initial Fuel Costs of Large U.S. Nuclear Power Stations*. Décembre 1958.
- Enriched versus Natural U*. NUCLEONICS. Juin 1957.
- Eschback, E.A., D.P. Grandquist et Milton Lewis. *The Comparative Economics of Plutonium Fuel Utilization and U-235 Fuel Utilization in Thermal Power Reactors*. Deuxième conférence internationale des Nations Unies sur les applications pacifiques de l'énergie atomique, n° 15, p. 1068 de la version anglaise.
- L'Agence européenne d'énergie nucléaire pour l'organisation de la coopération économique européenne. *Estimations de la production d'énergie nucléaire en Europe, 1958-1965*.
- Franklin, N.L. et autres. *Economics of Enrichment and of the Use of Plutonium and U-235*. Deuxième conférence internationale des Nations Unies sur les applications pacifiques de l'énergie atomique, n° 15, p. 54 de la version anglaise.
- Glasstone, Samuel. *Principles of Nuclear Reactor Engineering*. D. Van Nostrand Company Inc. New York, 1955.
- Howieson, J. *Economics of the Natural Uranium Fuel Cycle*. Texte d'un discours prononcé à l'Organisation pour la coopération économique européenne. Conférence sur les aspects administratifs et industriels de l'énergie nucléaire. Stresa, Italie, 12 mai 1959.
- Johnson, Jesse C. *Uranium Review, Outlook*. Extraits d'une causerie du directeur de la Division des matières premières, U.S. Atomic Energy Commission, à Denver le 6 février 1959. MINING ENGINEERING, mars 1959.
- Peirls, R.E. *Production of Atomic Fuel by Isotope Separation*. Éditions Pelican, p. 45.
- Pricing Enriched Uranium*. NUCLEONICS, janvier 1958, pp. 54-57.
- Sizing up Uncertainties in Nuclear Fuel Costs*. NUCLEONICS, janvier 1958, pp. 50-53.
- Starr, C. *Fuel Enrichment and Reactor Performance*. Deuxième conférence internationale des Nations Unies sur les applications pacifiques de l'énergie atomique, n° 15, p. 1078 de la version anglaise.
- United States Atomic Energy Commission. *Atomic Energy Facts*, septembre 1957.
- Murray, J.P., F.S. Patton, R.F. Hibbs et W.L. Griffith. *Economics of Unirradiated Processing Phases of Uranium Fuel Cycles*. Deuxième conférence internationale des Nations Unies sur les applications pacifiques de l'énergie atomique, n° 15, p. 439.
- Roddis, Louis H., fils. Communication préparée par le sous-directeur, Division des études sur les réacteurs, U.S. Atomic Commission, pour la conférence sur les aspects administratifs de l'énergie atomique du National Industrial Conference Board, à Chicago (Illinois) le 18 mars 1958: *How Nuclear Power Cost Estimates Are Made*.
- Clarkson, S.W. *Uranium in the Western World*. Atomic Energy of Canada Limited, Ottawa (Ontario), juillet 1959.



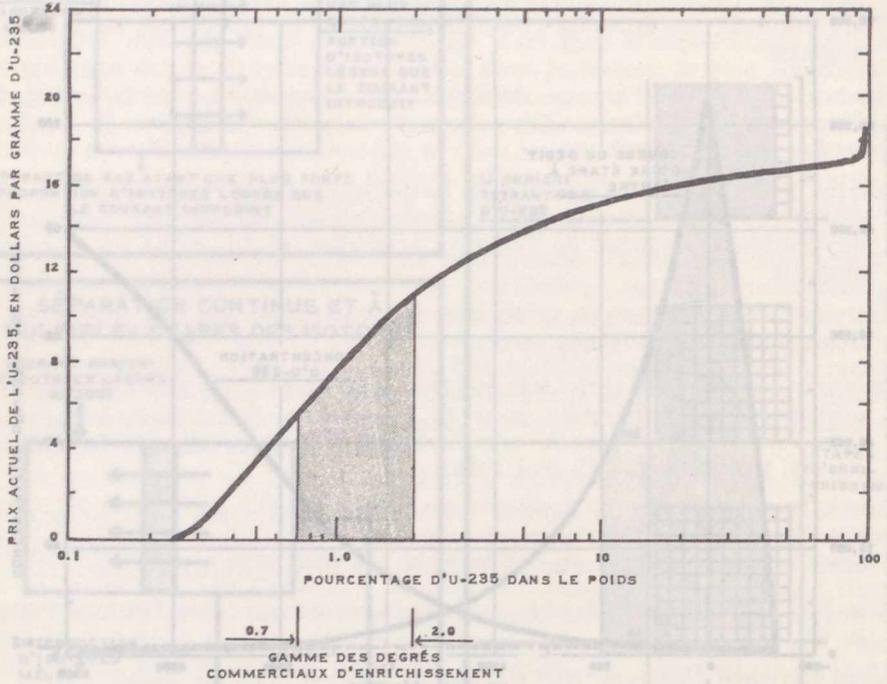
DÉP. DE RECHERCHES ET DE PLANIFICATION  
OCTOBRE 1959

Clarkson, S.W. Uranium in the Western World. Atomic Energy of Canada Limited, Ottawa (Ontario), 1958.  
Cohen, Karl. The Theory of Isotope Separation. McGraw-Hill Publishing Company, New York, 1951.

COMMENT LE DÉBIT D'UNE USINE DE DIFFUSION DIMINUE À MESURE QUE LA CONCENTRATION D'U-235 AUGMENTE AVEC LE NOMBRE D'ÉTAPES



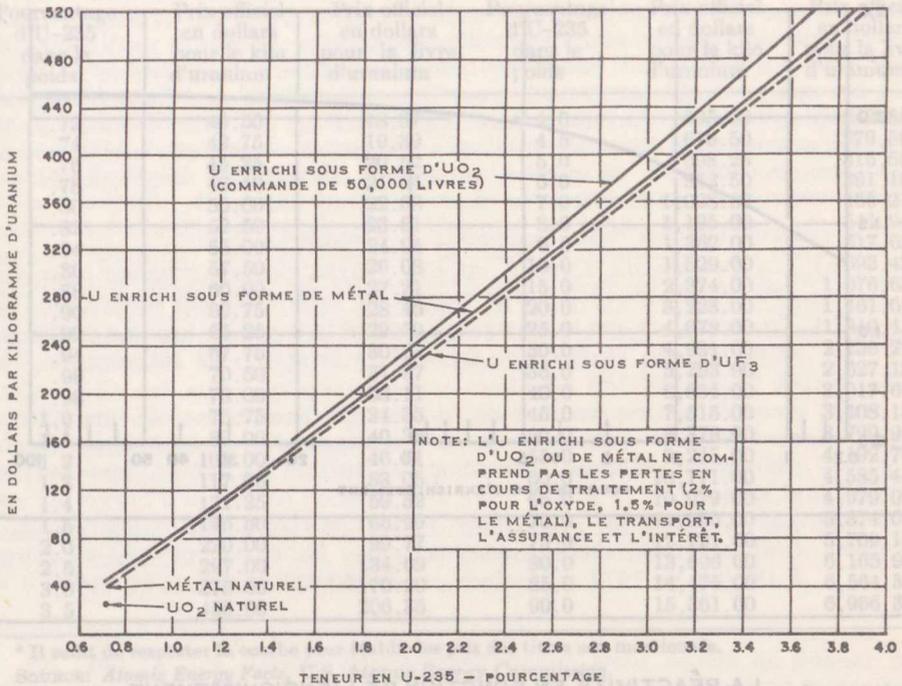
PRIX DE L'U-235 SUIVANT SON POURCENTAGE DU POIDS



VOIR AUSSI: M. BENEDICT ET T.M. FIGFORD, NUCLEAR CHEMICAL ENGINEERING, MCGRAW-HILL, NEW YORK, 1957, P. 404

LISTE DE PRIX DES ÉTATS-UNIS POUR L'URANIUM À DIVERS

PRIX DE L'URANIUM EN FONCTION DU DEGRÉ D'ENRICHISSEMENT EN U-235



SOURCE: FUEL ENRICHMENT AND REACTOR PERFORMANCE, PAR C. STARR (COMMUNICATION PRÉSENTÉE À LA 2<sup>E</sup> CONFÉRENCE INTERNATIONALE DES NATIONS UNIES SUR LES APPLICATIONS PACIFIQUES DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE).

ANNEXE C

LES ASPECTS ÉCONOMIQUES DE LA PRODUCTION D'EAU LOURDE AU CANADA

Sommaire

- I. Introduction
- II. Histoire du traitement de l'eau lourde aux États-Unis
- III. Besoins du Canada
- IV. Les perspectives de la production de l'eau lourde
- V. L'énergie électrique déterminant l'investissement de l'usine
- VI. Les effets sur l'économie canadienne

Estimation des installations productrices

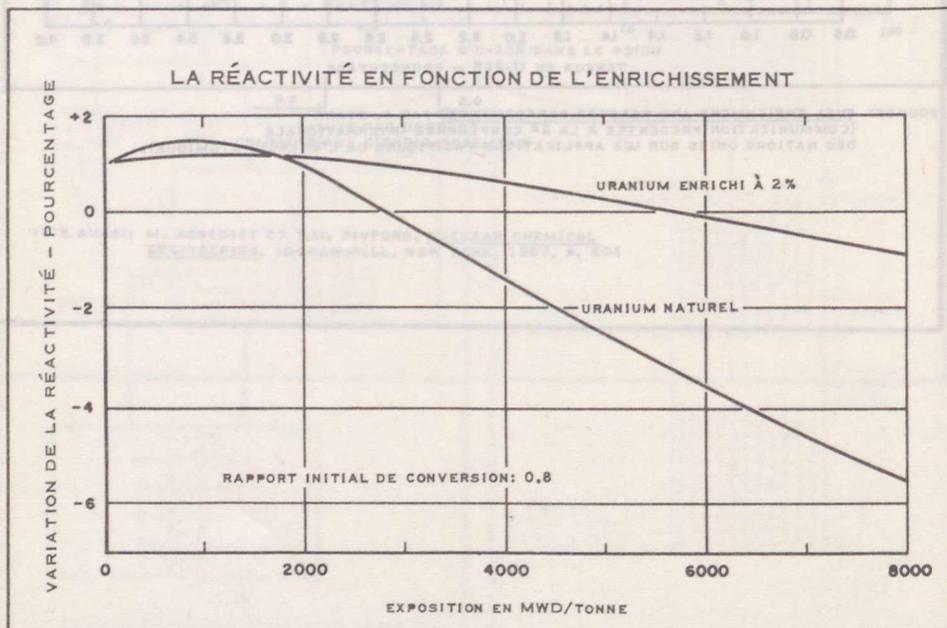
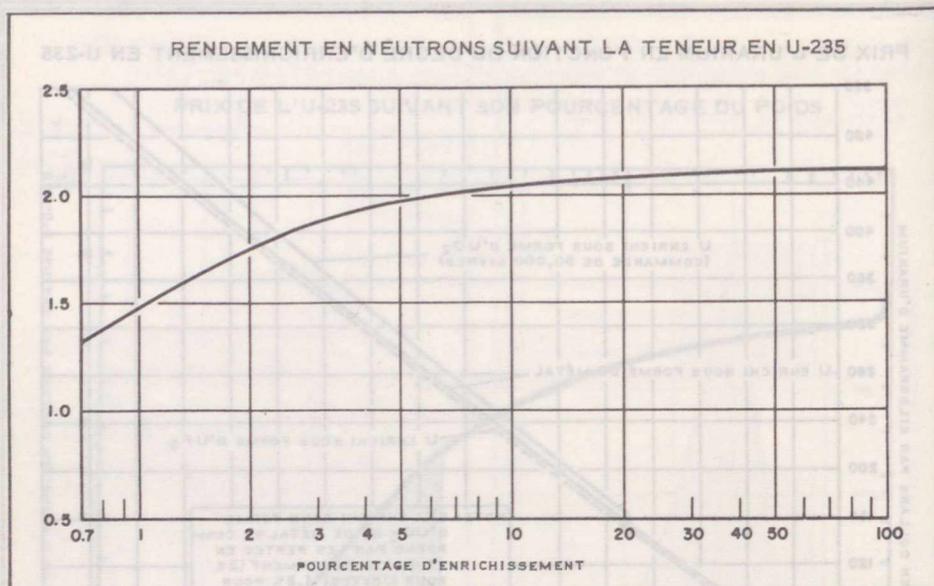
Annexe 1

Les procédés employés

Annexe 2

La production d'eau lourde dans l'Inde

Bibliographie



SOURCE: FUEL ENRICHMENT AND REACTOR PERFORMANCE, PAR C. STARR (COMMUNICATION PRÉSENTÉE À LA DEUXIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE DES NATIONS UNIES SUR LES APPLICATIONS PACIFIQUES DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE).

LISTE DE PRIX DES ÉTATS-UNIS POUR L'URANIUM À DIVERS  
TITRES D'U-235\*

| Pourcentage<br>d'U-235<br>dans le<br>poids | Prix officiel<br>en dollars<br>pour le kilo<br>d'uranium | Prix officiel<br>en dollars<br>pour la livre<br>d'uranium | Pourcentage<br>d'U-235<br>dans le<br>poids | Prix officiel<br>en dollars<br>pour le kilo<br>d'uranium | Prix officiel<br>en dollars<br>pour la livre<br>d'uranium |
|--|--|---|--|--|---|
| .72  | 40.50  | 18.37   | 4.0  | 535.50   | 242.85  |
| .74  | 42.75  | 19.39   | 4.5  | 616.50   | 279.59  |
| .76  | 45.25  | 20.52   | 5.0  | 698.25   | 316.66  |
| .78  | 47.50  | 21.54   | 6.0  | 862.50   | 391.15  |
| .80  | 50.00  | 22.68   | 7.0  | 1,028.00   | 466.21  |
| .82  | 52.50  | 23.81   | 8.0  | 1,195.00   | 541.94  |
| .84  | 55.00  | 24.94   | 9.0  | 1,362.00   | 617.68  |
| .86  | 57.50  | 26.08   | 10.0                                       | 1,529.00   | 693.42  |
| .88  | 60.00  | 27.21   | 15.0                                       | 2,374.00   | 1,076.63  |
| .90  | 62.75  | 28.46   | 20.0                                       | 3,223.00   | 1,461.66  |
| .92  | 65.25  | 29.59   | 25.0                                       | 4,078.00   | 1,849.41  |
| .94  | 67.75  | 30.73   | 30.0                                       | 4,931.00   | 2,236.27  |
| .96  | 70.50  | 31.97   | 35.0                                       | 5,793.00   | 2,627.18  |
| .98  | 73.00  | 33.11   | 40.0                                       | 6,654.00   | 3,017.66  |
| 1.0  | 75.75  | 34.35   | 45.0                                       | 7,515.00   | 3,408.13  |
| 1.1  | 89.00  | 40.36   | 50.0                                       | 8,379.00   | 3,799.96  |
| 1.2  | 103.00   | 46.71   | 55.0                                       | 9,245.00   | 4,192.70  |
| 1.3  | 117.00   | 53.06   | 60.0                                       | 10,111.00  | 4,585.44  |
| 1.4  | 131.25   | 59.52   | 65.0                                       | 10,979.00  | 4,979.09  |
| 1.5  | 145.50   | 65.99   | 70.0                                       | 11,850.00  | 5,374.09  |
| 2.0  | 220.00   | 99.77   | 75.0                                       | 12,721.00  | 5,769.10  |
| 2.5  | 297.00   | 134.69  | 80.0                                       | 13,696.00  | 6,165.92  |
| 3.0  | 375.50   | 170.29  | 85.0                                       | 14,475.00  | 6,564.56  |
| 3.5  | 455.00   | 206.35  | 90.0                                       | 15,361.00  | 6,966.37  |

\* Il suffit de respecter la courbe pour établir les prix des titres non mentionnés.

SOURCE: *Atomic Energy Facts*, U.S. Atomic Energy Commission.

NOTA: On peut louer l'uranium enrichi aux prix ci-dessus de la U.S. Atomic Energy Commission en payant une redevance annuelle équivalant à 4 p. 100 de la valeur du combustible. L'USAEC livre aussi du combustible enrichi suivant un mode de paiement différé aux pays ayant des accords bilatéraux avec les États-Unis, jusqu'à concurrence de 500,000 kilowatts (électriques) de puissance installée dans la même usine génératrice. Pour être admissible, l'usine projetée doit avoir une date de mise en route antérieure au 30 juin 1964 et utiliser des «plans provenant des États-Unis ainsi qu'une proportion considérable de parties constituantes provenant aussi des États-Unis.»

### APPENDICE C

#### LES ASPECTS ÉCONOMIQUES DE LA PRODUCTION D'EAU LOURDE AU CANADA

##### Sommaire

- I. Introduction
- II. Histoire du traitement de l'eau lourde aux États-Unis
- III. Besoins du Canada
- IV. Les perspectives de la production au Canada
- V. L'énergie électrique détermine l'emplacement de l'usine
- V. Les effets sur l'économie canadienne

##### Annexe 1

Estimation des immobilisations canadiennes en installations productrices d'eau lourde

##### Annexe 2

Les procédés employés pour produire de l'eau lourde

##### Annexe 3

La production d'eau lourde dans l'Inde

##### Bibliographie

## SOMMAIRE

L'eau lourde sert à la fois d'agent refroidisseur et de modérateur dans les usines génératrices actionnées par les réacteurs auxquelles travaille l'*Atomic Energy of Canada Limited*. On en a déjà produit à Trail, en Colombie-Britannique, mais on l'importe maintenant d'usines plus grandes et à meilleur rendement qu'il y a aux États-Unis. Il en faudra un nombre considérable de tonnes si la formule envisagée au Canada pour tirer l'électricité de l'énergie nucléaire réussit. Étant donné que l'électricité elle-même est un gros élément de son prix de revient (20 à 25 p. 100), les services canadiens d'électricité ayant une puissance excédentaire de production seront sans doute désireux de voir s'établir chez eux une industrie productrice d'eau lourde.

Le présent rapport vise également à démontrer que:

- a) Les besoins du Canada en eau lourde pourront passer d'environ 200 tonnes en 1965 à 400 tonnes en 1970 et à 800 tonnes en 1975;
- b) En supposant que le prix serait de \$28 la livre, les besoins du Canada atteindraient 11 millions de dollars en 1965, 22 millions en 1970 et 44 millions en 1975;
- c) Pour satisfaire ces besoins, il faudrait immobiliser en installations productrices d'eau lourde un montant d'environ 50 millions de dollars en 1965, de 100 millions en 1970 et de 200 millions en 1975; et que.
- d) La puissance de production d'électricité nécessaire pour alimenter des installations semblables passerait de 75,000 kilowatts en 1965 à 150,000 en 1970 et atteindrait les 300,000 kilowatts en 1975.

## PARTIE I

## INTRODUCTION

Les efforts déployés au Canada pour créer des sources nucléaires d'énergie électrique visent en grande partie à perfectionner un réacteur consommant de l'uranium naturel et utilisant l'eau lourde comme modérateur. L'eau lourde ( $D_2O$  ou oxyde de deutérium) est présente dans l'eau ordinaire, qui en contient 140 à 150 parties sur un million. Aucune autre substance ne modère ou ralentit aussi bien les neutrons que produit la fission atomique. Elle n'a aucun rival à cet égard\*. C'est en partie pour cette raison, et aussi parce que les États-Unis et le Royaume-Uni n'étaient pas disposés à entreprendre de mettre au point un réacteur à l'eau lourde que le Canada s'est engagé dans cette voie en 1946.

L'eau lourde coûte plus cher. Ses frais de production ont diminué, mais ils sont encore de l'ordre de \$28 la livre. Employée à la fois comme modérateur et refroidisseur, comme elle le sera dans la centrale de 200 mégawatts devant être construite pour l'Hydro-Ontario à Kincardine, en Ontario, on estime que l'eau lourde constituera environ 15 p. 100 du total des frais de chaque nouvelle et grande centrale thermonucléaire au Canada. Il en faudra manifestement des quantités considérables. Pendant les premières années, on pourra importer les approvisionnements voulus des États-Unis. Cependant, si les prévisions d'*Atomic Energy of Canada Limited* se réalisent, les besoins en Ontario pourraient justifier l'établissement d'une industrie productrice d'eau lourde au Canada vers la fin de la présente décennie ou au début de la suivante.

\*On utilise diverses substances comme modérateurs. Voici quels sont approximativement les rapports entre les rendements qu'elles donnent: eau ordinaire, 72; béryllium, 159; graphite, 170; eau lourde, 12,000.

## PARTIE II

## HISTOIRE DU TRAITEMENT DE L'EAU LOURDE AUX ÉTATS-UNIS

Le deutérium, ou hydrogène lourd, a été identifié pour la première fois aux États-Unis par H. C. Urey et ses collègues en 1931. Le deutérium et son oxyde, l'eau lourde, ont immédiatement commencé d'intéresser au plus haut point les chimistes et biochimistes voués aux recherches. Environ dix ans plus tard, quand a été institué pendant la guerre le projet d'énergie atomique, on a reconnu que l'eau lourde serait un excellent modérateur dans un réacteur nucléaire destiné à produire du plutonium. A cause de l'incertitude qui planait sur la possibilité d'obtenir de l'eau lourde, et parce que la pile modérée au graphite fonctionnait avec succès à Chicago en 1942, on a choisi le graphite comme modérateur pour les réacteurs de Hanford. Cependant, on continuait de chercher très activement un bon procédé pour produire de l'eau lourde et il s'en est produit une trentaine de tonnes en vertu de contrats adjugés par le Corps de génie du district de Manhattan. Plusieurs auteurs ont décrit les méthodes employées aux États-Unis pendant la guerre pour produire de l'eau lourde et ils ont aussi indiqué d'autres méthodes qui pouvaient coûter moins cher. Le procédé prédominant de séparation des isotopes par échange chimique à deux températures, mis au point à l'université Columbia, qui avait obtenu des contrats de l'OSRD et du Corps de génie du district de Manhattan, est décrit dans un brevet d'invention décerné le 2 avril 1957 à J. S. Spevack, qui l'a cédé au gouvernement des États-Unis. Plus récemment, surtout à la deuxième conférence de Genève, plusieurs communications ont fait état des efforts déployés par d'autres pays dans ce domaine.

*Programme de l'AEIC*

En 1950, la *U.S. Atomic Energy Commission* avait décidé de donner une grande expansion à son programme et à ses installations et elle allait faire construire de nouveaux réacteurs destinés à produire du plutonium et d'autres matières nucléaires spéciales. On avait décidé que l'eau lourde servirait de modérateur dans ces réacteurs, qui devaient être construits à la nouvelle usine de la rivière Savannah, et il était nécessaire de procéder rapidement à la préparation des plans et à la construction de nouvelles et grandes installations productrices d'eau lourde. Le secret qui pesait sur les procédés employés dans les fabriques d'eau lourde de l'*Atomic Energy Commission* a été levé en 1956. Récemment encore, cependant, des injonctions judiciaires empêchaient la publication de certaines modalités.

*Choix d'un procédé*

Il ne s'était fait aucun travail de recherche et de perfectionnement pour la production d'eau lourde depuis la construction des installations du district de Manhattan. Les possibilités qui s'offraient au cours de la période de 1943 à 1945 ont été remises à l'étude en tenant compte de légères différences quant aux délais accordés et aux matériaux disponibles. On a très soigneusement soupesé trois procédés qui s'offraient: la distillation de l'eau par le vide, la distillation de l'hydrogène liquide, et l'échange d'eau avec de l'hydrogène sulfuré à l'état gazeux dans un cycle à double température.

Chacun des trois procédés mentionnés était raisonnablement prometteur, mais avait des inconvénients réels ou menaçait d'en avoir. On savait que la distillation de l'eau donnerait des résultats, mais aux prix d'une grande dépense d'énergie thermique. La distillation de l'hydrogène était attrayante à cause de la grande différence de volatilité entre l'hydrogène et le deutérium, mais la possibilité de traiter de grandes quantités d'hydrogène liquide n'avait pas été démontrée et ces quantités elles-mêmes n'étaient pas d'obtention facile.

L'échange chimique au moyen d'hydrogène sulfuré semblait pratique; on possédait là-dessus certaines données quant aux équilibres et des installations rudimentaires avaient fourni des démonstrations; mais le contrôle de ce procédé était difficile et, de plus, le gaz en question était à tel point toxique et corrosif qu'on s'était écarté de ce procédé.

En 1949, l'AEC a demandé à la *Girdler Corporation* de concevoir, construire et mettre en marche une usine-pilote et une installation fondée sur le principe du procédé (GS) à l'hydrogène sulfuré. La *Hydrocarbon Research, Inc.* a été invitée à préparer des plans et à étudier la possibilité de recourir à la distillation de l'hydrogène liquide. Quand la *du Pont* est intervenue en 1950 à titre de principal entrepreneur de tout le projet, diverses modifications de la distillation de l'eau se sont trouvées mises à l'étude. Une évaluation des trois procédés a clairement démontré les avantages du procédé GS, pourvu que l'on parvint à surmonter les trois inconvénients qu'il menaçait d'avoir, c'est-à-dire les problèmes du contrôle, de la toxicité et de la corrosion. A ce moment, la *du Pont* et la *Girdler* ont conjugué leurs efforts pour pousser les études et la mise au point, y compris la mise en marche d'un modèle réduit et un programme de recherches intenses sur la corrosion.

A la fin de 1950, l'usine-pilote construite par la *Girdler* aux fabriques de munitions de Wabash River près de Terre-Haute (Indiana) avait suffisamment fonctionné pour démontrer que les données sur lesquelles les plans de l'usine avaient été fondées étaient valides et que les rendements des réactions seraient suffisants. La démonstration avait été faite avec une paire de colonnes, une chaude et une froide, soit la première étape d'une usine-pilote à quatre étapes. On a continué de faire fonctionner l'usine-pilote, ce qui a principalement servi à permettre aux problèmes de corrosion de se manifester et à montrer comment l'hydrogène sulfuré accompagné de vapeur d'eau détruisait l'équipement: la direction a donné aux efforts de recherche et de mise au point se trouvait indiquée. En faisant fonctionner l'usine-pilote par une température inférieure à zéro, on a découvert qu'il fallait parvenir à empêcher l'obturation du système par l'hydrate d'hydrogène sulfuré, qui se solidifie aux environs de 30°C à la pression de marche choisie. En somme, cette usine-pilote a bien mis en évidence les obstacles à surmonter pour réaliser les usines plus grandes qui allaient suivre, bien que ces obstacles eussent empêché de faire fonctionner l'ensemble des quatre étapes.

#### *Construction d'usines*

En 1951 et 1952, la *Girdler Corporation* a conçu et construit pour la *du Pont* une usine productrice d'eau lourde composée de six grandes installations GS comportant cinq étapes en série et cascades parallèles. Cette usine a été construite sur une partie de l'emplacement de Wabash River et a reçu le nom d'usine Dana. On y a adjoint les services d'électricité et d'eau de la fabrique de D<sub>2</sub>O construite pendant la guerre par l'AEC et une partie de la fabrique elle-même.

Le programme de construction des réacteurs nucléaires de la centrale de Savannah River exigeait une réserve d'eau lourde que l'usine Dana ne pouvait pas accumuler assez rapidement. Aussi commençait-on en 1951 de préparer des plans en vue de construire une usine semblable pour la rivière Savannah. Les ingénieurs chargés de la construction de cette usine avaient l'avantage de l'expérience acquise avec l'usine Dana et des résultats fournis par des recherches considérables sur la corrosion. Ces renseignements nouveaux ont servi à apporter certains changements dans la marche et dans les matériaux de construction. Ces différences entre les usines sont exposées dans l'article, mais par leur puissance de production et le principe de leur fonctionnement, les deux usines sont semblables. La *Lummus Company* a préparé les

plans de l'usine d'eau lourde de Savannah River et c'est la *du Pont* qui l'a construite.

### Rythmes de production

Les rythmes de production des deux fabriques d'eau lourde n'ont fait que s'accélérer après leur mise en marche en 1952 et 1953, car on n'a pas cessé de travailler à en améliorer le rendement et à réduire le nombre des arrêts. La production à Savannah River a dépassé un peu celle obtenue à Dana parce que certaines différences dans les détails de construction permettaient de faire fonctionner cette dernière usine à une pression plus élevée et de lui donner un plus gros débit et parce que les arrêts requis pour les nettoyages périodiques étaient moins fréquents qu'à Savannah River. Les variations du rythme de production à Dana avaient surtout un caractère saisonnier parce que la visite et le nettoyage annuels devaient s'effectuer pendant les mois les plus chauds de l'année. A Savannah River, il y avait très peu de variations saisonnières. Au cours de la dernière moitié de 1956, l'usine GS de Savannah River produisait à un rythme mensuel moyen de 83,000 livres (500 tonnes par année). C'était probablement fort près du rythme maximum auquel on pouvait s'attendre à la longue.

### Ingrédients et services

Les principaux ingrédients requis pour fabriquer le D<sup>2</sup>O par le procédé GS, sans compter la main-d'œuvre, sont l'eau naturelle employée comme matière nourricière, l'hydrogène sulfuré qu'il faut fabriquer, l'énergie et l'eau employée pour refroidir. Les quantités requises, par livre d'eau lourde produite, sont données au Tableau 1.

Tableau 1

#### LES APPORTS REQUIS PAR LIVRE D'EAU LOURDE

|   | Par livre de D <sup>2</sup> O |
|---|-------------------------------|
| Eau nourricière traitée .....                                     | 3,500 gallons                 |
| Hydrogène sulfuré .....   | 0.94 livre                    |
| Énergie électrique .....  | 310 kWh                       |
| Vapeur utilisée (équivalent à 900 livres<br>au pouce carré) ..... | 5,600 livres                  |
| Eau refroidissante .....  | 12,000 gallons                |

Il faut que l'eau nourricière exigée par le procédé soit traitée pour la débarrasser des solides qu'elle contient en solution ou en suspension. A Savannah River, on la filtre, on l'acidifie pour décomposer les carbonates et on la désaère; à Dana, on l'épure par échange d'ions.

On obtient l'hydrogène sulfuré en faisant réagir le NaHS avec du SO<sup>4</sup>H<sup>2</sup> dans de petites usines auxiliaires. A Dana, on fournit cependant ce petit supplément en ajoutant directement du NaHS à l'eau nourricière déjà mentionnée.

A Savannah River, la vapeur exigée par le procédé GS est produite dans une grande centrale thermique qui fournit aussi l'énergie électrique dont l'usine et d'autres usagers ont besoin. La vapeur est produite sous pression de 900 livres au pouce carré (ga) et la vapeur pour le procédé GS est extraite des turbines à 385 livres au pouce carré (ga).

L'eau refroidissante est pompée de la rivière Savannah et on l'utilise sans la traiter.

A Dana, la vapeur est fournie sous pression d'environ 375 livres au pouce carré (ga) et l'eau refroidissante est pompée de puits Ranney alimentés par

la rivière Wabash, tandis qu'on achète l'électricité d'un service public. Chose intéressante, la partie de la chaufferie de Dana qui approvisionne le procédé GS est la même qu'on employait pendant la guerre avec le procédé de distillation de l'eau. Le rapport entre les puissances de production est d'environ 20, ce qui est un indice de la supériorité économique du procédé GS.

#### Personnel requis

C'est l'usine Dana qui permet de mesurer le mieux le personnel qu'exige les usines productrices d'eau lourde, car elle est exploitée à part, tandis que les installations de Savannah River font partie d'un complexe beaucoup plus grand ayant une administration et des services centralisés. Au total, l'équipe requise à Dana est de 926, dont 170 dirigeants. Le tableau 2 en donne la répartition.

Tableau 2

#### PERSONNEL DE L'USINE DANA

|   | Dirigeants | Autres |
|---|------------|--------|
| Fonctionnement de l'usine .....                                       | 50         | 180    |
| Entretien .....   | 48         | 357    |
| Électricité, aqueduc .....  | 14         | 60     |
| Techniciens (marche de l'usine et services auxiliaires) .....         | 25         | 38     |
| Santé, surveillance, comptabilité, transport et autres services ..... | 25         | 114    |
| Administration .....  | 8          | 1      |
| Total .....   | 170        | 750    |

#### Immobilisations et frais d'exploitation

C'est l'usine productrice d'eau lourde de Savannah River qui se prête le mieux à l'analyse des immobilisations et des frais d'exploitation. Toute l'usine, avec ses services auxiliaires, a été construite en même temps et son prix s'établit donc aisément. De plus, bien qu'il y ait un excédent d'électricité à exporter de la zone, le total immobilisé en services auxiliaires est beaucoup plus juste par rapport au montant global exigé par l'application du procédé qu'à Dana, où il ne se produit pas d'électricité.

Tableau 3

#### USINE PRODUCTRICE D'EAU LOURDE DE SAVANNAH RIVER IMMOBILISATIONS (PRIX COÛTANTS en 1951-1952)

| Ensemble des installations  | En millions de dollars |
|---|------------------------|
| Échangeurs H <sup>2</sup> S (groupes GS) .....                            | 113                    |
| Distillation d'eau (DW) .....   | 2.5                    |
| Énergie (vapeur et électricité) .....                                     | 31                     |
| Eau nourricière et eau refroidissante .....                               | 8                      |
| Installations connexes (bureau, réfectoire, ateliers, routes, etc.) ..... | 7                      |

#### Frais de production

Le tableau 4 donne une ventilation des frais de production de l'eau lourde. Ces frais sont fondés sur le fonctionnement de l'usine productrice d'eau lourde de Savannah River pendant le deuxième semestre de 1956. Au cours de cette

période, l'usine produisait au rythme dont nous avons parlé et, en général, sa marche était normale et fournissait un bon exemple. Les chiffres donnés ne renferment aucun élément du compte capital, comme l'amortissement.

Tableau 4

## FRAIS DE PRODUCTION DE L'EAU LOURDE

| <i>Frais directs de production</i>            | <i>Par livre de D<sub>2</sub>O</i> |
|---|------------------------------------|
| Eau nourricière .....                         | \$ 0.40                            |
| Hydrogène sulfuré .....                       | 0.35                               |
| <hr/>   |                                    |
| Total, matières premières .....               | 0.75                               |
| Salaires .....                                | 0.37                               |
| Main-d'œuvre d'exploitation .....             | 0.93                               |
| Fournitures et dépenses diverses .....        | 0.15                               |
| <hr/>   |                                    |
| Total, frais directs de production .....      | 2.20                               |
| <hr/>   |                                    |
| <i>Frais directs d'entretien</i>              |                                    |
| Main-d'œuvre .....                            | 1.32                               |
| Matériaux .....                               | 0.49                               |
| <hr/>   |                                    |
| Total, frais directs d'entretien .....        | 1.81                               |
| <hr/>   |                                    |
| <i>Services auxiliaires</i>                   |                                    |
| Énergie électrique .....                      | 1.33                               |
| Vapeur .....                                  | 4.40                               |
| Eau refroidissante .....                      | 0.12                               |
| Divers .....                                  | 0.06                               |
| <hr/>   |                                    |
| Total, services auxiliaires .....             | 5.91                               |
| <hr/>   |                                    |
| Total des frais directs .....                 | 9.92                               |
| Frais administratifs et frais généraux* ..... | 3.49                               |
| <hr/>   |                                    |
| TOTAL DES FRAIS DE PRODUCTION .....           | \$ 13.41                           |
| <hr/>   |                                    |

\*Voici les principales dépenses qui entrent dans ce montant:

|   |        |
|---|--------|
| Contrôle analytique .....                     | \$0.36 |
| Assistance technique .....                    | 0.25   |
| Surveillance des préposés à l'entretien ..... | 0.30   |
| Gardes .....                                  | 0.31   |

Le reste des frais généraux est réparti entre les nombreuses autres fonctions administratives et auxiliaires.

Nous avons déjà fait observer que les frais de fonctionnement des usines de distillation et d'électrolyse qui réalisent la concentration finale étaient faibles auprès de ceux qu'entraînent l'extraction et la concentration préliminaire avec le procédé GS. C'est ce que montre le tableau 5 sous forme de pourcentages des frais directs d'exploitation des trois usines. Il est à retenir que les frais de fonctionnement de ces trois usines de finition comprennent ceux de la dernière purification chimique du produit. Seule la partie des frais de finition attribuables aux services d'électricité et d'aqueduc pourrait être sensiblement réduite par le choix de procédés à rendement thermodynamique supérieur, comme le GS.

Tableau 5

## COMPARAISON DES FRAIS QU'ENTRAÎNE LES PROCÉDÉS GS, DW et E

|                                   | Pourcentage des frais |     |     |
|-----------------------------------|-----------------------|-----|-----|
|                                   | GS                    | DW  | E   |
| Frais directs de production ..... | 90.5                  | 4.2 | 5.3 |
| Frais directs d'entretien .....   | 95.4                  | 2.0 | 2.6 |
| Électricité, aqueduc .....        | 94.5                  | 4.8 | 0.7 |
| Total des frais directs .....     | 93.2                  | 4.2 | 2.6 |

*La production actuelle*

L'usine Dana a été fermée au printemps de 1957. Les besoins prévisibles d'eau lourde pour l'avenir immédiat ne pouvaient pas justifier l'AEC de continuer d'exploiter à la fois l'usine Dana et celle de Savannah River. Il a été décidé de fermer l'usine Dana parce que c'était la plus ancienne, qu'il allait bientôt devenir nécessaire de remplacer à grands frais des plateaux de colonnes rongés par la corrosion et que c'était la fermeture de cette usine qui permettrait à l'AEC de réaliser la plus forte économie. On a commencé par réduire le plus possible la quantité d'eau lourde en voie de fabrication à l'usine Dana et on a transporté le reste à Savannah River.

Par la suite, on a aussi désaffecté les deux tiers des groupes GS à Savannah River. Les autres groupes fonctionnent à plein rendement, et produisent actuellement environ 180 tonnes par année.

La production se trouvant réduite à un tiers au stade primaire, il a aussi été possible de réduire l'activité des usines de finition à Savannah River. La concentration électrolytique a été complètement interrompue et l'eau lourde devant servir comme modérateur est obtenue maintenant par distillation. Une partie de l'usine de distillation a de plus été réservée pour traiter l'eau lourde diluée qui revient des réacteurs.

## PARTIE III

## BESOINS DU CANADA

Si le Canada réussit avec le type de réacteurs qu'il cherche actuellement à perfectionner, la plupart des réacteurs des centrales thermonucléaires qui se construiront au pays utiliseront l'eau lourde à la fois comme modérateur et comme élément refroidisseur. Les études faites par l'*Atomic Energy of Canada Limited* indiquent qu'il faudra environ 65 tonnes courtes d'eau lourde comme modérateur et 27 tonnes pour refroidissement pour chaque tranche de 100 mW de puissance de production thermonucléaire. En admettant aussi que les pertes annuelles seront d'environ une livre par heure, on peut dire, en chiffre rond, qu'il faudra une tonne d'eau lourde par mégawatt électrique pour satisfaire les besoins des futurs centrales thermonucléaires canadiennes.

Le tableau suivant fait voir à quelle cadence l'*Atomic Energy of Canada Limited* prévoit que les centrales thermonucléaires se construiront au Canada au cours de la période de 15 ans qui s'écoulera de 1965 à 1980. En admettant que toutes ces centrales seraient pourvues du type canadien de réacteur à l'eau lourde, il est possible de mettre en regard de ces chiffres l'augmentation correspondante des besoins d'eau lourde, si nous utilisons la moyenne annuelle d'une tonne courte requise pour chaque mégawatt de puissance installée. Le nombre total de tonnes inscrit pour chaque année suppose que le D<sub>2</sub>O requis est produit un an avant la date prévue de mise en service d'une centrale. Ainsi, une centrale de 200 mégawatts mise en service en 1966 exigera la production de 200 tonnes de D<sub>2</sub>O en 1965.

ACCROISSEMENT ESTIMATIF DE LA PUISSANCE INSTALLÉE DANS  
DES CENTRALES NUCLÉAIRES AU CANADA ET DES BESOINS  
CORRESPONDANTS D'EAU LOURDE

|            | Total de la puissance<br>thermonucléaire instal-<br>lée, en mégawatts (él.) | Total des besoins d'eau<br>lourde, en tonnes cour-<br>tes par année |
|------------|---|---|
| 1965 ..... |   | 200   |
| 1966 ..... | 200   | 200   |
| 1967 ..... | 400   | 200   |
| 1968 ..... | 600   | 200   |
| 1969 ..... | 800   | 400   |
| 1970 ..... | 1,200   | 400   |
| 1971 ..... | 1,600   | 400   |
| 1972 ..... | 2,000   | 600   |
| 1973 ..... | 2,600   | 600   |
| 1974 ..... | 3,200   | 800   |
| 1975 ..... | 4,000   | 800   |
| 1976 ..... | 4,800   | 1,000   |
| 1977 ..... | 5,800   | 1,000   |
| 1978 ..... | 6,800   | 1,000   |
| 1979 ..... | 7,800   | 1,200   |
| 1980 ..... | 9,000   |   |

PARTIE V

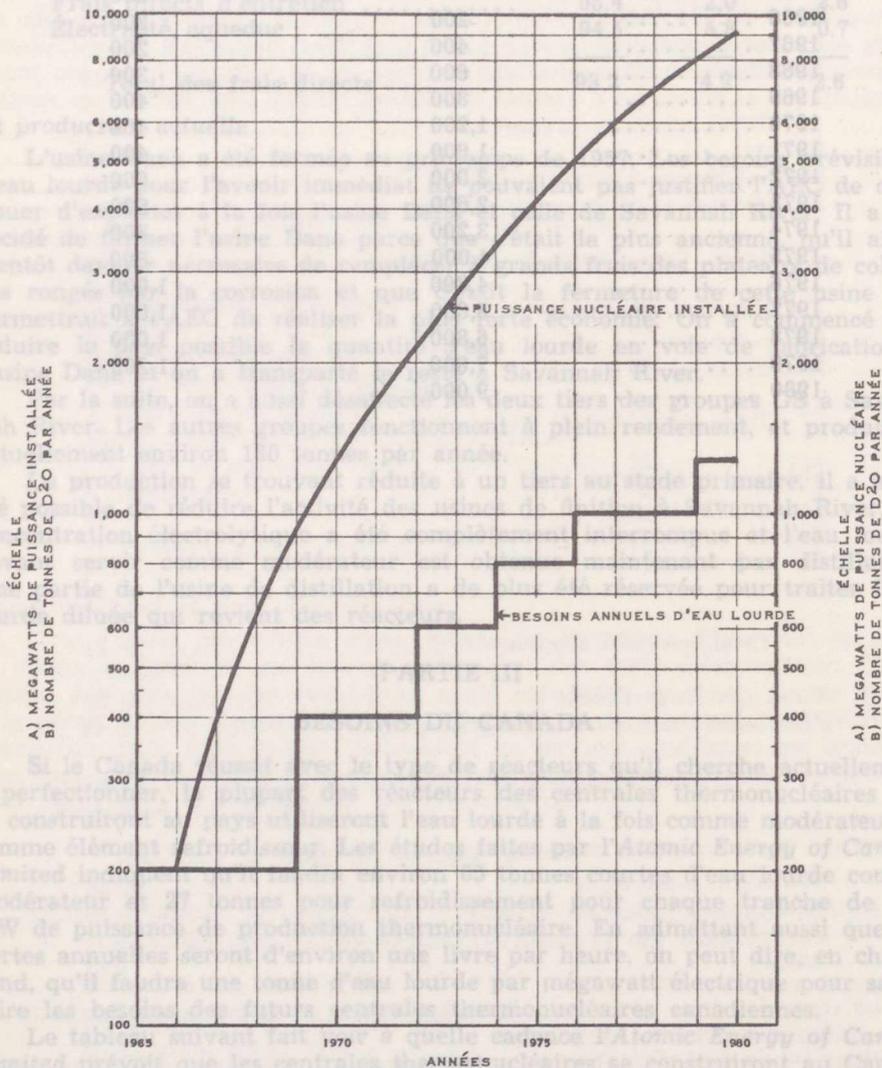
L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DÉTERMINE L'EMBRACEMENT DE L'USINE

production d'eau lourde... Le procédé par échange d'hydrogène sulfuré et d'eau, utilise surtout de l'énergie sous forme de chaleur. Ce sont les combustibles naturels qui fournissent le chaleur dans leur cas. Mais, de toute façon, il faut de l'électricité. Le tableau suivant donne les quantités d'énergie électrique qui exigent les différents procédés décrits déjà dans le présent exposé.

|  | Énergie requise<br>par livre<br>de D <sub>2</sub> O<br>produite<br>dans l'année<br>(kWh) | Puissance<br>nécessaire<br>par tonne<br>courte de<br>production<br>annuelle <sup>(1)</sup><br>(kW) | Dépense<br>d'électricité<br>par livre<br>de D <sub>2</sub> O<br>produite <sup>(2)</sup><br>(¢) |
|--|--|--|--|
| 1. Distillation de l'hydrogène                                 | 2,300  | 535  | 3.25   |
| 2. Distillation de l'eau                                       | 10,000   | 2,400  | 10.00  |
| 3. Échange chimique à 2 températures, hydrogène sulfuré et eau | 300-500  | 72-120   | 1.20-2.00  |
| 4. Échange chimique à 2 températures, vapeur et hydrogène      | 2,230  | 535  | 3.02   |
| 5. Distillation de gaz ammoniac synthétique                    | 1,500  | 375  | 2.75   |
| 6. Électrolyse de l'eau  | 57,500   | 13,875   | 231.20   |
| 7. Électrolyse d'eau plus échange vapeur et hydrogène et       | 31,500   | 7,620  | 127.20   |
| 8. Combinaison des procédés 2, 3 et 6.                         | 1,000  | 255  | 0.40   |

<sup>(1)</sup> En supposant un facteur d'utilisation de 80 p. 100.  
<sup>(2)</sup> En supposant que toute l'électricité serait fournie à 4 mil. de cent de kWh.

CANADA  
ACCROISSEMENT ESTIMATIF DE LA PUISSANCE INSTALLÉE  
DANS DES CENTRALES NUCLÉAIRES ET DES BESOINS  
CORRESPONDANTS D'EAU LOURDE  
1965 - 1980



Le tableau ci-dessous indique la quantité d'eau lourde que les centrales nucléaires au Canada Limited prévoit que les centrales nucléaires se construiront au Canada au cours de la période de 15 ans qui s'étendra de 1965 à 1980. En admettant que toutes ces centrales seraient pourvues du type canadien de réacteur à eau lourde, il est possible de mettre en regard de ces chiffres l'augmentation correspondante des besoins d'eau lourde, si nous utilisons la moyenne annuelle d'une tonne courte requise pour chaque mégawatt de puissance installée. Le nombre total de tonnes inscrit pour chaque année suppose que le D<sub>2</sub>O requis est produit un an avant la date prévue de mise en service d'une centrale. Ainsi, une centrale de 200 mégawatts mise en service en 1965 exigera la production de 200 tonnes de D<sub>2</sub>O en 1965.

## PARTIE IV

## LES PERSPECTIVES DE LA PRODUCTION AU CANADA

La construction au Canada de réacteurs fonctionnant à l'eau lourde exigera à peu près certainement que les quantités nécessaires de  $D_2O$  soient produites au Canada. Un des grands arguments employés pour le production d'énergie électrique au moyen d'énergie nucléaire au Canada, c'est que l'établissement de centrales nucléaires dans le sud de l'Ontario dispensera d'importer des millions de tonnes de charbon des États-Unis. Cependant, si nous ne produisons pas d'eau lourde au Canada, la construction de centrales nucléaires au Canada substituera l'obligation d'importer de l'eau lourde à l'obligation d'importer du charbon. Aux prix actuels, il en faudra pour 50 millions de dollars en 1975.

Cependant, des moyens de production seraient établis au Canada longtemps avant que l'importation n'atteigne des proportions semblables. Habituellement, quand un produit fait l'objet au Canada d'une demande soutenue et qui va augmentant, le fournisseur américain trouve avantageux d'établir ici des moyens de fabrication. De plus, la possibilité pour les industries d'obtenir l'électricité à bas prix au Canada tend à favoriser l'établissement de succursales canadiennes. Mais ce qui favorisera encore plus peut-être l'établissement de fabriques de  $D_2O$  au Canada, c'est que les entreprises canadiennes déjà établies verront l'occasion d'entrer dans un marché nouveau et prometteur. Rien ne semble donc s'opposer sérieusement à ce qu'une industrie canadienne productrice de  $D_2O$  parvienne à s'établir et à grandir.

## PARTIE V

## L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DÉTERMINE L'EMPLACEMENT DE L'USINE

La production d'eau lourde exige beaucoup d'énergie électrique. La quantité d'énergie électrique requise varie, cependant, avec le procédé employé. Certains procédés, comme l'électrolyse de l'eau ordinaire, exigent un nombre fantastique de kilowatt-heures par livre d'eau lourde produite. D'autres, comme le procédé par échange d'hydrogène sulfuré et d'eau, utilisent surtout de l'énergie sous forme de chaleur. Ce sont les combustibles comme le gaz naturel qui conviennent le mieux dans leur cas. Mais, de toute façon, il faut de l'électricité. Le tableau suivant donne les quantités d'énergie électrique qu'exigent les différents procédés décrits déjà dans le présent exposé.

## ÉLECTRICITÉ REQUISE PAR TYPE DE PROCÉDÉ

|   | Énergie<br>requis<br>par livre<br>de $D_2O$<br>produite<br>dans l'année<br>(kWh) | Puissance<br>installée<br>par tonne<br>courte de<br>production<br>annuelle <sup>(1)</sup><br>(kW) | Dépense<br>d'électricité<br>par livre<br>de $D_2O$<br>produite <sup>(2)</sup><br>(\$) |
|---|--|---|---|
| 1. Distillation de l'hydrogène.....                                 | 2,300  | 550   | 9.20  |
| 2. Distillation de l'eau.....                                       | 10,000   | 2,400   | 40.00   |
| 3. Échange chimique à 2 températures, hydrogène sulfuré et eau..... | 300-500  | 72-120  | 1.20-2.00   |
| 4. Échange chimique à 2 températures, vapeur et hydrogène.....      | 2,230  | 535   | 8.92  |
| 5. Distillation de gaz ammoniac synthétique.....                    | 1,690  | 405   | 6.76  |
| 6. Électrolyse de l'eau.....  | 57,800   | 13,875  | 231.20  |
| 7. Électrolyse d'eau plus échange vapeur et hydrogène et.....       | 31,800   | 7,630   | 127.20  |
| 8. Combinaison des procédés 2, 3 et 6.....                          | 1,600  | 385   | 6.40  |

(1) En supposant un facteur d'utilisation de 95 p. 100.

(2) En supposant que toute l'électricité serait fournie à 4 mil. de cent du kWh.

On y voit aussi quelle dépense d'électricité, en dollars, il faudrait faire pour produire une livre d'eau lourde en supposant qu'il serait possible de payer cette énergie 4 millièmes de cent du kWh.

Pour voir l'importance du rôle de l'électricité comme élément du prix de revient, il suffit de supposer que le produit fini se vendrait \$28 la livre. A lui seul cet élément fait écarter l'électrolyse de l'eau, l'électrolyse de l'eau jointe à l'échange vapeur-hydrogène et les procédés d'échange chimique à deux températures d'hydrogène sulfuré et d'eau quand un de ces procédés est employé seul. On peut, cependant, combiner ensemble certains procédés\*. Dans ce cas, achetée à 4 mil. de cent le kWh, l'électricité constituerait entre un cinquième et un tiers du prix total de vente de l'eau lourde. Une différence de 1 mil. de cent le kWh pourrait faire une différence de 6 à 8 p. 100 dans tout le prix de revient. Autrement dit, la différence entre un prix de 7 mil. de cent et un prix de 3½ mil. de cent pour l'électricité pourrait produire une différence de 25 p. 100 dans l'ensemble des frais de production.

Avec la combinaison de procédés (voir n° 8 du tableau) qui est employée aux États-Unis, il semble que l'électricité coûte environ \$6.40 par livre d'eau lourde produite. En supposant que le prix de vente serait de \$28 la livre, les achats d'électricité constitueraient environ 23 p. 100 de la valeur totale de la production. Dans le cas de la distillation du gaz ammoniac synthétique (procédé employé dans une petite usine actuellement en construction dans l'Inde), la dépense d'électricité pourra atteindre environ 24 p. 100 du prix total de revient.

## PARTIE VI

### LES EFFETS SUR L'ÉCONOMIE CANADIENNE

Le Canada est grand exportateur de matières premières et, dans bien des cas, il en absorbe lui-même très peu par rapport aux quantités vendues à l'étranger. C'est donc un événement d'une certaine importance qui se produit quand surgit une occasion d'établir une nouvelle industrie et, surtout, une industrie dont le principal marché sera au pays. Du point de vue national, l'un des avantages des réacteurs à l'eau lourde sera de préluder à l'établissement d'une nouvelle industrie canadienne dont l'économie nationale tirera des avantages sous forme d'emplois nouveaux, d'un accroissement des revenus et de progrès industriels.

D'après les données fournies par l'usine de Savannah River, il faudrait immobiliser \$250,000 pour chaque tonne de production annuelle. L'usine ayant les dimensions minimums pour être économiquement capable de produire une cinquantaine de tonnes par année et ne pas coûter plus que 15 millions de dollars. Il est probable que plusieurs de ces usines se construiront dans un grand complexe d'usines.

Il se pourrait que, dans 20 ans, il y ait au Canada jusqu'à 24 usines ayant la production minimum (50 tonnes par année) ou six grands complexes d'usines productrices d'eau lourde. Rien ne s'oppose à ce que plusieurs fournisseurs entrent dans cette industrie, car la production devra augmenter graduellement pour satisfaire les besoins.

Ces chiffres nous permettent d'établir le total des immobilisations qu'il faudra afin d'obtenir les quantités de D<sub>2</sub>O qu'exigera l'exécution du programme thermonucléaire canadien. L'expansion pourra se faire au rythme indiqué à l'Annexe 1. Il faudra immobiliser un total de 20 à 30 millions de dollars par année, soit un montant que plusieurs grandes sociétés canadiennes sont

\*Voir *Concentration of Heavy Water by Distillation and Electrolysis* par W. P. Bebbington et V. R. Thayer, vol. 4 des délibérations de la 2<sup>e</sup> conférence internationale des Nations Unies sur les applications pacifiques de l'énergie atomique en septembre 1958.

en mesure de trouver. De plus, les prix et frais d'exploitations actuels tendront probablement à fléchir à mesure que s'amélioreront les techniques de construction et d'exploitation.

Pour fournir des points de comparaison quant aux immobilisations annuelles requises, voici un tableau des immobilisations que font chaque année actuellement plusieurs autres industries canadiennes:

| <i>Industries canadiennes</i>                                  | <i>Moyenne des immobilisations annuelles</i><br>1956-1960 |
|--|---|
| Produits chimiques industriels et autres .....                 | \$ 120,000,000  |
| Raffinage du pétrole et traitement du gaz .....                | 115,000,000   |
| Traitement du minerai et affinage, métaux non<br>ferreux ..... | 95,000,000  |
| Produits minéraux non métalliques .....                        | 70,000,000  |

Une industrie d'eau lourde augmenterait d'environ 20 p. 100 les immobilisations annuelles de l'industrie des produits chimiques et n'augmenterait pas de 2 p. 100 le total des immobilisations qu'exige tout l'équipement industriel du Canada. De même, par la valeur de sa production, une industrie d'eau lourde serait relativement peu importante par rapport à l'ensemble de l'industrie des produits chimiques. Le tableau suivant donne la valeur de la production de quelques industries chimiques en 1958:

|   |                |
|---|----------------|
| Produits chimiques industriels .....            | \$ 258,493,000 |
| Peintures et vernis .....                       | 142,986,000    |
| Matières plastiques non ouvrées .....           | 98,714,000     |
| Engrais chimiques .....                         | 90,215,000     |
| Huiles végétales .....                          | 54,253,000     |
| (Production estimative d'eau lourde en 1970) .. | 20,000,000     |

## ANNEXE 1

## IMMOBILISATIONS PRÉVUES AU CANADA EN USINES PRODUCTRICES D'EAU LOURDE

| Année     | Besoins<br>annuels<br>de D <sub>2</sub> O | Nouvelles<br>fabriques<br>de D <sub>2</sub> O | Valeur<br>globale des<br>fabriques<br>de D <sub>2</sub> O* |
|-----------|---|---|--|
|           | tonnes                                    | en millions<br>de dollars                     | en millions<br>de dollars                                  |
| 1963..... | —   | 30  | 30   |
| 1964..... | —   | 30  | 57   |
| 1965..... | 200                                       | —   | 51   |
| 1966..... | 200                                       | —   | 45   |
| 1967..... | 200                                       | 30  | 69   |
| 1968..... | 200                                       | 30  | 90   |
| 1969..... | 400                                       | —   | 78   |
| 1970..... | 400                                       | 30  | 96   |
| 1971..... | 400                                       | 30  | 111  |
| 1972..... | 600                                       | 30  | 123  |
| 1973..... | 600                                       | 30  | 132  |
| 1974..... | 800                                       | 30  | 141  |
| 1975..... | 800                                       | 30  | 150  |
| 1976..... | 1,000                                     | —   | 126  |
| 1977..... | 1,000                                     | 30  | 132  |
| 1978..... | 1,000                                     | 30  | 138  |
| 1979..... | 1,200                                     | —   | 114  |
| 1980..... | 1,200                                     | —   | 90   |

\* En admettant que tout l'amortissement se ferait en dix ans.

## ANNEXE 2

## LES PROCÉDÉS EMPLOYÉS POUR PRODUIRE DE L'EAU LOURDE

Le procédé d'isolement du deutérium qui convient le mieux dans un cas particulier dépend de l'importance des besoins à satisfaire, de l'énergie électrique disponible et de son prix et des sources de matières premières.

A moins qu'on ne soit assuré d'avoir à produire au moins plusieurs tonnes d'eau lourde par année pendant une période de dix ans ou plus, il ne serait pas payant de construire et d'exploiter une fabrique d'eau lourde; le prix de revient d'une petite production ou d'une production temporaire est beaucoup plus élevé que celui d'une grosse production continuée pendant longtemps.

Là où il se produit du gaz ammoniac synthétique ou de la vapeur d'eau contenant au moins 20 millions de pieds cubes d'hydrogène par jour, la distillation de l'hydrogène est un procédé qui promet de produire de l'eau lourde à un prix de revient moindre que par tout autre procédé. Il en est particulièrement ainsi quand les gaz pour la synthèse de l'ammoniac sont dépouillés de leurs impuretés par lavage dans l'azote liquide. Si la chaleur coûte très peu et s'il y a un marché pour l'énergie électrique produite, la distillation de l'eau par la vapeur à basse pression rejetée par une centrale thermique peut devenir économique.

Quand il est possible de produire de l'hydrogène par électrolyse pour 50 cents ou moins le pied cube, l'électrolyse de l'eau ou l'échange chimique vapeur-hydrogène (procédé employé à Trail) peut également devenir économique.

Dans tous ces procédés, l'eau lourde est le sous-produit d'une autre opération à laquelle est imputable la majeure partie des frais. Ces procédés à sous-produit ont un avantage économique sur les procédés à production unique, c'est-à-dire dont le seul produit est l'eau lourde. Cependant, les procédés dont l'eau lourde est un sous-produit en donnent une quantité limitée par le rythme de fabrication du principal produit, ce qui fait qu'aucun de ces procédés ne produira assez d'eau lourde pour alimenter les reacteurs d'un grand nombre d'usines génératrices. Pour produire l'eau lourde à des cadences de plus de 40 tonnes par années, il faut recourir à des procédés indépendants, comme les procédés suivants qui méritent de retenir l'attention:

1. Distillation de l'eau, avec recompression de la vapeur pour faire bouillir de nouveau le fonds des colonnes;
2. Distillation d'hydrogène pourvu de deutérium par échange chimique avec vapeur à haute température;
3. Échange chimique entre vapeur et hydrogène sulfuré à deux températures; et
4. Échange chimique entre vapeur et hydrogène à deux températures.

*L'eau lourde obtenue comme sous-produit*

Le tableau 1 indique les principaux aspects économiques des quatre procédés fournissant de l'eau lourde comme sous-produit dont il a été question dans la présente partie. Pour avoir un point commun de comparaison entre les frais de production, on a calculé le prix de revient total pour chaque procédé en réduisant à des prix unitaires les frais d'exploitation et les dépenses au compte capital, en attribuant un loyer de 5 p. 100 l'an aux montants immobilisés comme il convient pour une entreprise financée par le gouvernement.

TABLEAU I  
 PROCÉDÉS FOURNISSANT DE L'EAU LOURDE COMME SOUS-PRODUIT

| Procédé  | Distillation de gaz ammoniac synthétique  | Distillation d'eau avec vapeur basse pression obtenue comme sous-produit | Électrolyse de l'eau   | Électrolyse de l'eau plus échange chimique entre hydrogène et vapeur |
|--|---|--|--|--|
| Produit principal par livre de D <sub>2</sub> O.....                 | H <sub>2</sub> : 162 MPC <sup>(1)</sup><br>ou NH <sub>3</sub> : 2,2T <sup>(2)</sup> | 10,800 kWh   | H <sub>2</sub> : 390 MCF ou<br>NH <sub>3</sub> : 5,2T <sup>(2)</sup> | H <sub>2</sub> : 390 MPC ou<br>NH <sub>3</sub> : 3T <sup>(2)</sup>   |
| Facteur de séparation.....   | 1,39  | 1,05   | 7  | 7,2,8  |
| Deutérium récupéré.....  | 86%   | 3,9%   | 33%  | 61%  |
| Molécules de vapeur traitée par mol. de D <sub>2</sub> O obtenu..... | 37,700  | 198,000  | 21,400   | 18,200   |
| Énergie entrant dans une livre de D <sub>2</sub> O.....              | 1,690 kWh   | 178,000 livres de vapeur à 22 livres de pression au pouce carré          | 57,800 kWh   | 31,800 kWh   |
| Prix unitaires:  |   |  |  |  |
| Usine, \$/livre D <sub>2</sub> O/an.....                             | 170   | 155  | ?  | 178  |
| Exploitation \$/livre D <sub>2</sub> O.....                          | 16  | 34   | ?  | 38   |
| Total, 5%/an sur prix de l'usine, \$/livre de D <sub>2</sub> O.....  | 24  | 42   | ?  | 47   |
| Prix hypothétiques.....  | Gaz naturel à 10¢/MPC <sup>(1)</sup>  | Vapeur haute pression à 40¢ par 1,000 livres                             | H <sub>2</sub> obtenu à 50¢/MPC                                      | —  |
| Problèmes techniques.....  | Manutention de grandes quantités de H <sub>2</sub> liquide                          | Aucun  | Création d'un bain électrolytique à facteur élevé de séparation      |  |

(1) MPC est 1,000 pieds cubes de gaz à 60° F et à 1 atm.

(2) T est une tonne courte, 2,000 livres.

Exception faite de l'électrolyse de l'eau, c'est la distillation du gaz ammoniac synthétique qui a les frais d'exploitation les plus bas entre tous les procédés mentionnés, soit \$16 la livre, et le prix total le plus bas, \$24 la livre. Ses exigences d'énergie sont de beaucoup les plus basses, 1,690 kWh la livre, et le montant unitaire des immobilisations est du même ordre que pour les autres procédés. Ces avantages ne sont réalisés, cependant, que dans de grandes usines traitant 20 millions de pieds cubes d'hydrogène par jour ou plus. Cependant, les conditions d'exploitation atteignent des limites extrêmes et jamais a-t-on eu à manutentionner ailleurs d'aussi grandes quantités d'hydrogène liquide. Cependant, on croit qu'il est possible de résoudre les problèmes techniques des basses températures et que ce procédé est la façon la moins coûteuse de produire des quantités de deutérium variant entre 20 et 40 tonnes par année. La limite supérieure est établie par la puissance maximum de production des installations productrices d'hydrogène existant actuellement à un endroit quelconque.

On peut recourir à la distillation de leau en employant de la vapeur à basse pression, obtenue comme sous-produit, partout où le combustible employé ne coûte pas cher et où il y a forte consommation d'énergie électrique. Il est vrai que le prix de revient est plus élevé que dans le cas de la distillation de l'hydrogène, mais les opérations sont faciles et il n'y a aucun problème technique nouveau. Une centrale thermique de 100,000 kW produisant sa vapeur à 40 cents le millier de livres peut produire dans l'année 40 tonnes d'eau lourde coûtant environ \$50 la livre. Il est possible de réduire ce prix de revient en créant pour les colonnes des organes internes encore meilleurs que les Spraypak.

Aux rares endroits dans le monde où l'hydrogène électrolytique ne coûterait que 50 cents le millier de pieds cubes ou moins, la production secondaire d'eau lourde est économique. La quantité d'hydrogène qu'il faudrait sacrifier pour fabriquer l'eau lourde ne devrait pas ajouter plus que \$13 la livre au prix de revient de l'eau lourde. Il faut reconnaître, toutefois, que les frais de production se ressentiraient quelque peu de la nécessité d'avoir des condenseurs à bon rendement pour récupérer l'eau partiellement enrichie de l'hydrogène et de l'oxygène, et des complications que présente le raccordement

d'hydrogène, l'électrolyse à elle seule ne pourrait donner que 5 tonnes d'eau parallèle des bains en cascade. De plus, on n'obtient de cette façon qu'une petite quantité d'eau lourde. Même si le facteur de séparation pouvait être porté à 7, dans une grande usine produisant à l'heure 500,000 pieds cubes d'hydrogène, l'électrolyse à elle seule ne pourrait donner que 5 tonnes d'eau lourde par année.

En ajoutant une installation d'échange chimique vapeur-hydrogène à une fabrique électrolytique d'eau lourde, on doublerait presque la quantité d'eau lourde produite, mais il semble que ce ne serait pas sans une majoration du prix de revient. De plus, l'application de ce procédé est limitée dans la mesure où il dépend de la production d'hydrogène par électrolyse. Si on pouvait découvrir un catalyseur qui ne serait pas contaminé par le gaz ammoniac synthétique ou une autre abondance de gaz riche en hydrogène, le procédé par échange chimique hydrogène-vapeur deviendrait beaucoup plus attrayant. On disposerait de plus grandes quantités d'hydrogène à traiter et les prix unitaires baisseraient.

### L'eau lourde obtenue comme seul produit

Aucun des procédés fournissant de l'eau lourde comme sous-produit n'en donnera assez pour remplir plusieurs réacteurs actionnant des génératrices, les réacteurs ayant besoin d'une charge d'eau lourde variant entre une demi-tonne et une tonne par mégawatt de puissance installée. Par conséquent, pour alimenter les réacteurs actionnant un grand nombre d'usines génératrices, il serait nécessaire de recourir à un ou à plusieurs des procédés donnant de l'eau lourde comme seul produit. Le tableau 2 rassemble les données disponibles sur quatre des procédés les plus prometteurs décrits dans les publications techniques.

TABLEAU II  
PROCÉDÉS FOURNISSANT DE L'EAU LOURDE COMME SEUL PRODUIT

| Procédé   | Distillation d'hydrogène enrichi de deutérium par échange avec vapeur   | Distillation d'eau par recompression de vapeur | Échange chimique à 2 températures entre H <sub>2</sub> S et eau | Échange chimique à 2 températures vapeur-hydrogène (Un seul contact chaud par étape) |
|---|---|--|---|--|
| Facteur de séparation.....  | 1.39  | 1.05   | 1.22  | 2.15   |
| Récupération de deutérium.....  | 13%   | 3.9%   | 18%   | 32%  |
| Molécules de vapeur traitée par mol. de D <sub>2</sub> O produit..... | 108,000   | 198,000  | 72,000  | 203,000  |
| Énergie entrant dans une livre de D <sub>2</sub> O.....               | 2,300 kWh   | 10,000 kWh                                     | 500   | 2,230 kWh  |
|   | plus chaleur pour système d'échange   |  |   |  |
|   | ge  |  |   |  |
| Problèmes techniques.....   | Manutentionner de grandes quantités d'hydrogène liquide; empêcher vapeur et hydrogène de réagir dans l'échangeur de chaleur | Aucun  | Corrosion   | Empêcher l'hydrogène et la vapeur de réagir dans l'échangeur de chaleur              |

Ces procédés n'ont pas fait l'objet d'une étude aussi approfondie que les procédés fournissant l'eau lourde comme sous-produit, et les renseignements qu'on possède à leur sujet sont des estimations vagues ou des limites théoriques. Tous ces procédés utilisent de l'eau comme matière première et ont donc une puissance de production illimitée.

Comme source de deutérium, la distillation d'hydrogène enrichi de deutérium par échange chimique avec la vapeur coûte plus cher que la distillation du gaz ammoniac synthétique. L'installation d'échange chimique à haute température qu'il faut ajouter augmente le prix de l'usine. L'hydrogène entrant dans l'usine à basse température ne contient qu'environ 0.01 p. 100 de D, tandis que le gaz ammoniac synthétique en contient 0.0136 p. 100; pour une cadence de production donnée, l'usine à basse température est donc plus grosse

et exige plus d'énergie. Il faut aussi fournir de la chaleur pour le système d'échange.

La distillation de l'eau avec recompression de la vapeur est plus coûteuse qu'avec la vapeur résiduelle à basse pression à cause des compresseurs qu'il faut acheter et du besoin de fournir de l'énergie sous forme de travail plutôt que sous forme de vapeur à chaleur réduite. La consommation d'électricité, qui est d'environ 10,000 kwh par livre d'eau lourde, fait écarter ce procédé, à moins qu'il ne soit possible de concevoir pour les colonnes un garnissage à baisse de pression moins forte par plateau théorique.

Le procédé par échange chimique entre le  $H_2S$  et l'eau à deux températures a l'avantage de faire manutentionner des quantités moindres de gaz et d'exiger moins d'énergie, mais il pose un problème de corrosion. Là où une forte production est désirée, c'est quand même là un procédé peu coûteux et digne de confiance.

Le procédé d'échange chimique à deux températures entre vapeur et hydrogène, avec un seul contact d'équilibre à haute température par étape, semble nécessiter une trop grande installation pour que les frais de production soient bas, même s'il exige très peu d'énergie. Une simplification de l'équipement, même au prix d'une consommation plus forte d'énergie, pourrait rendre ce procédé plus séduisant. La découverte pour cette réaction d'un catalyseur bon marché qui permettrait d'utiliser des colonnes ordinaires d'absorption transformerait entièrement les perspectives de ce procédé et en ferait le plus économique de tous les procédés servant uniquement à produire de l'eau lourde.

## ANNEXE 3

## LA PRODUCTION D'EAU LOURDE EN INDE

Une usine qui produira de l'eau lourde achève de se construire en Inde, sur les bords de la rivière Sutleg, dans le Punjab. On prévoit que cette usine produira 14 tonnes d'eau lourde par année et 70,000 tonnes d'azote sous forme de nitrate de chaux.

Le gouvernement de l'Inde avait fixé des critères pour la conception de cette installation:

1. La charge électrique serait limitée à un maximum de 160,000 kilowatts, et
2. L'usine devrait produire par année un minimum de 70,000 tonnes d'azote fixé sous forme de nitrate d'ammoniac dilué.

On a fait l'évaluation technique et économique de trois procédés:

TABLEAU 1

PRINCIPALES DONNÉES CONCERNANT LES TROIS PROCÉDÉS

|  | Unité   | Distillation<br>de<br>l'ammoniac | Échange<br>catalytique | Distillation<br>de l'hydro-<br>gène<br>(5000)<br>Nm <sup>3</sup> /H <sub>2</sub> /<br>heure |
|--|---|----------------------------------|------------------------|---|
| Récupération de D <sub>2</sub> O, rendement total... | %   | 35.75                            | 52.6                   | 55.6  |
| Production annuelle de D <sub>2</sub> O.....         | tonnes métriques  | 9.15                             | 14.3                   | 15.0  |
| Prix de l'usine construite.....                      | \$ × 10 <sup>6</sup>  | 3.03                             | 4.392                  | 4.255   |
| Prix unitaire de la construction.....                | \$/kg/an  | 337                              | 283                    | 284   |
| Total des frais annuels.....                         | \$ × 10 <sup>6</sup>  | 0.733                            | 1.1                    | 1.002   |
| L'amortissement dans le prix de revient.             | \$/livre  | 30.4                             | 25.5                   | 25.6  |
| Les frais d'exploitation dans le p. de r.....        | \$/livre  | 5.9                              | 9.3                    | 4.7   |
| Prix de revient du D <sub>2</sub> O.....             | \$/livre  | 36.3                             | 34.8                   | 30.3  |
| Consommation d'électricité.....                      | kWh/kg D <sub>2</sub> O   | 3380                             | 177                    | 2000  |
| Vapeur.....  | tonnes métriques<br>par kg de D <sub>2</sub> O<br>équivalant à<br>kWh/kg D <sub>2</sub> O | —                                | 9.1                    | —   |
|  |   | —                                | 6000                   | —   |

*Envergure du projet*

Pour donner suite à la recommandation d'établir à Nangal une usine qui fabriquerait de l'eau lourde et des engrais chimiques, le gouvernement de l'Inde a formé en 1956 une société appartenant entièrement à l'État et portant le nom de Nangal Fertilizers and Chemicals (Private) Limited. Cette société a retenu les services de la Vitro Engineering Division de New York comme conseiller technique de tout le projet, en lui confiant aussi la tâche de préparer l'ensemble des plans de l'usine. L'usine est située sur un terrain de 5,000 acres en aval du barrage de Nangal et sur la rive ouest de la rivière Sutlej. L'électricité, qui est la principale matière première, est fournie par l'usine hydroélectrique de Bhakra, qui est à sept milles de l'usine, au moyen de trois lignes de transport de 66,000 volts. Cette tension est abaissée à 11,000 volts pour desservir l'usine.

L'eau employée dans le procédé ou pour refroidir est tirée de la rivière Sutlej, qui est alimentée en été par la fonte des neiges de l'Himalaya. La pierre à chaux requise pour la dilution du nitrate d'ammoniac est tirée d'une carrière voisine et transportée par rail. L'usine produira 25,000 Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>/heure, ce qui donnera par année environ 380,000 tonnes de nitrate de chaux contenant environ 20.5 p. 100 d'azote, et environ 14 tonnes d'eau lourde.

## 1. ADJUDICATION DES CONTRATS POUR LA CONSTRUCTION DES USINES

A cause de la grande variété d'usines à construire et d'équipement à obtenir, et parce que le succès économique de la fabrique d'eau lourde dépendait beaucoup d'un choix judicieux des électrolyseurs et du dispositif de cascade, il fut décidé de diviser en quatre groupes les contrats pour la construction des usines et la fourniture des équipements:

- a) Électrolyseurs et équipement de cascade;
- b) L'équipement électrique de toute l'installation, y compris les transformateurs et les interrupteurs ainsi que les redresseurs de courant pour l'usine électrolytique;
- c) Le groupe des fabriques d'engrais chimiques comprenant les fabriques d'ammoniac, d'acide nitrique, de nitrate d'ammoniac et de nitrate de chaux; et
- d) La fabrique d'eau lourde.

Les appels d'offres faits pour les usines mentionnées invitaient à proposer des prix d'ensemble. Après examen des offres reçues en réponse à ces invitations, des contrats ont été adjugés jusqu'ici pour les électrolyseurs, l'équipement électrique et le groupe de fabriques d'engrais chimiques. On a aussi reçu des offres pour une fabrique d'eau lourde devant utiliser le procédé de distillation de l'hydrogène et on prévoit que le contrat sera accordé bientôt.

## 2. CASCADE ÉLECTROLYTIQUE

La commande pour les électrolyseurs a été passée à la société italienne De Nora. Il a été commandé 60 électrolyseurs avec les accessoires nécessaires. Les caractéristiques du courant direct d'un seul électrolyseur à débit garanti sont: 9,500 ampères et différence de potentiel de 222 volts aux bornes. La température maximum de marche de ces électrolyseurs est de 85°C. avec facteur de séparation de 6.36. Chaque électrolyseur est pourvu d'un séparateur centrifuge pour soutirer entièrement l'électrolyte emporté par les gaz

et de refroidisseurs à gaz pour condenser une partie de la vapeur d'eau emportée dans les courants d'oxygène et d'hydrogène. Le dispositif d'introduction de l'eau a été modifié pour empêcher la dilution de la vapeur d'eau enrichie dans les courants de gaz. Les électrolyseurs seront répartis en 20 groupes, chaque groupe comprenant trois électrolyseurs raccordés en série. Chaque groupe d'électrolyseurs est alimenté par un groupe de redresseurs comprenant 10 redresseurs à arc de mercure, multiples anodes, coffre d'acier entièrement fermé et refroidissement à l'air. Il y a 20 groupes semblables alimentant 20 groupes d'électrolyseurs. L'équipement électrique est fourni par la *English Electric Company*, du Royaume-Uni.

Après avoir choisi les électrolyseurs, on a étudié en détail les types suivants de cascades:

- a) Cascade directe où la condensation de l'électrolyseur est dirigée vers l'étape suivante;
- b) Cascade partielle où l'eau naturelle est amenée aux différentes étapes en même temps que les condensations des étapes précédentes;
- c) Cascade à recyclage où une partie de la condensation est remise en cycle, c'est-à-dire renvoyée au même électrolyseur; et
- d) Évaporation partielle de l'électrolyte pour augmenter le courant qui avance.

Pour récupérer encore plus de vapeur d'eau enrichie des courants d'oxygène et d'hydrogène provenant des refroidisseurs à gaz, on a comparé les avantages économiques de laveurs à l'eau naturelle et ceux de condensateurs à saumure ammoniacée et on a adopté les laveurs à l'eau naturelle. Cette décision ne laissait plus à choisir qu'entre le deuxième et le troisième types de cascades.

Dans toutes ces cascades, il était question d'envoyer seulement l'hydrogène de la dernière étape à la fabrique d'eau lourde, le reste étant envoyé directement à la fabrique d'ammoniac. Cette étude avait pour but d'établir le degré maximum d'enrichissement qu'il était possible de donner à une quantité quelconque d'hydrogène envoyée à la fabrique d'eau lourde.

### 3. L'USINE DE DISTILLATION DE L'HYDROGÈNE

On a obtenu des fournisseurs qui se présentaient des estimations préliminaires quant aux immobilisations que nécessiteraient des usines de distillation d'hydrogène traitant différentes quantités d'hydrogène. A l'aide de ces estimations et des données fournies par les études faites sur les cascades, on a calculé les prix de revient. Ces études montraient qu'une usine traitant 5,000 Nm<sup>3</sup>/H<sub>2</sub>/heure (hydrogène enrichi) produirait de l'eau lourde coûtant \$28 la livre, mais des discussions subséquentes avec les fournisseurs mentionnés ont fait entrevoir la possibilité d'atteindre ce prix de revient même avec une usine traitant 10,000 Nm<sup>3</sup>/H<sub>2</sub>/heure. Il a donc été décidé, en juillet 1957, de faire des appels d'offres pour une usine de distillation d'hydrogène traitant 5,000 ou 10,000 Nm<sup>3</sup>/H<sub>2</sub>/heure.

TABLEAU 2

|  | Unité                  | Prix  | Prix total |
|--|------------------------|-------|------------|
| I. Prix de construction de l'usine.....                              | \$ × 10 <sup>6</sup>   | 2.75  |            |
| II. Frais annuels:   |                        |       |            |
| a) Au compte capital à 16.8% de I.....                               |                        |       |            |
| (i) Amortissement à 10%.....   | } \$ × 10 <sup>6</sup> |       | 0.462      |
| (ii) Intérêt à 4.5%.....   |                        |       |            |
| (iii) Assurance et taxes, 2.3%.....                                  |                        |       |            |
| b) Frais d'exploitation:   |                        |       |            |
| 1. Énergie.....  | \$ × 10 <sup>6</sup>   | 0.150 |            |
| 2. Gaz inerte.....   | \$ × 10 <sup>6</sup>   | 0.012 |            |
| 3. Pertes de H <sub>2</sub> .....                                    | \$ × 10 <sup>6</sup>   | 0.090 |            |
| 4. Main-d'œuvre (exploitation et entretien).....                     | \$ × 10 <sup>6</sup>   | 0.050 |            |
| 5. Charges fixes.....  | \$ × 10 <sup>6</sup>   | 0.025 |            |
| 6. Entretien (matériaux).....  | \$ × 10 <sup>6</sup>   | 0.055 |            |
| 7. Divers (eau refroidissante, produits chimiques, lubrifiants)..... | \$ × 10 <sup>6</sup>   | 0.015 |            |
| 8. Total, frais d'exploitation.....                                  | \$ × 10 <sup>6</sup>   |       | 0.377      |
| III. Total des frais annuels.....                                    | \$ × 10 <sup>6</sup>   |       | 0.938      |
| IV. Production annuelle d'eau lourde.....                            | Tons/yr (8000 hr/yr)   |       | 14.00      |
| V. Prix unitaire de revient (capital).....                           | \$/lb                  | 14.8  |            |
| VI. Prix unitaire de revient (exploitation).....                     | \$/lb                  | 12.4  |            |
| VII. Prix total de revient de l'eau lourde.....                      | \$/lb                  |       | 27.2       |

On voit par là qu'il est possible de produire des quantités raisonnables d'eau lourde à un prix de revient ne dépassant pas \$28 la livre en suivant les méthodes normales du commerce pour l'amortissement, etc. Étant donné que les procédés dont il est question dans cette communication et d'autres procédés font actuellement l'objet de grandes recherches, il est fort probable que le prix de revient de l'eau lourde subira bientôt une autre réduction.

Septembre 1958

## BIBLIOGRAPHIE

- Benedict, Manson. *Survey of Heavy Water Production Processes*. Conférence internationale sur les applications pacifiques de l'énergie atomique. Genève, août 1958, Vol. 8, Nations Unies.
- Glasstone, Samuel. *Principles of Nuclear Reactor Engineering*. D. Van Nostrand Company Inc., New York, 1955.
- Production of Heavy Water*. Ed. George M. Murphy, National Nuclear Energy Series, Manhattan Project Technical Section, Div. III—Vol 4F. McGraw-Hill Book Company Inc., New York, 1955.
- Benedict, Manson et Thomas H. Pigford. *Nuclear Chemical Engineering*. Série de McGraw-Hill sur le génie nucléaire, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, 1957.
- Cohen, Karl. *Charting a Course for Nuclear Power Development*. NUCLEONICS, janvier 1958.
- Heavy Water Production and Use*. NUCLEONICS, septembre 1958, pp. 109 et 110.
- Bebbington, W. P. et V. R. Thayer, *Concentration of Heavy Water by Distillation*. Délibérations de la deuxième conférence internationale sur les applications pacifiques de l'énergie atomique, Genève, septembre 1958, Vol. 4, Nations Unies.
- Gami, D. C., D. Gupta, N. B. Prasad et K. C. Sharma. *Production of Heavy Water in India*, Ibid.
- Malkov, M. P., A. G. Zeldovitch, A. B. Fradkov et I. B. Danilov, *Industrial Separation of Deuterium by Low-Temperature Distillation*. Ibid.
- Bebbington, William P. et Victor R. Thayer, *Production of Heavy Water*, CHEMICAL ENGINEERING PROGRESS. Septembre 1959.
- Labine, R. A. *Secrets of Low-Cost Heavy Water*. CHEMICAL ENGINEERING, 19 octobre 1959.
- CHEMICAL ENGINEERING, 11 janvier 1960, *Heavy Water Rectified*, lettre au directeur, de W. P. Bebbington.



CHAMBRE DES COMMUNES

Quatrième session de la vingt-quatrième législature  
1960-1961

---

COMITÉ SPÉCIAL  
DES



# RECHERCHES

Président : M. J. W. MURPHY

---

PROCÈS-VERBAUX ET TÉMOIGNAGES

Fascicule 28

---

ATOMIC ENERGY OF CANADA LTD.

---

SÉANCE DU MARDI 13 JUIN 1961

---

TÉMOINS :

De l'*Atomic Energy of Canada Limited* : M. G. C. Laurence, directeur de recherches, division de recherches et applications en matière de réacteurs; M. C. G. Stewart, directeur du service médical; et M. G. C. Butler, directeur de recherches à la Division de la biologie et de la radiophysique médicale et sanitaire.

ROGER DUHAMEL, M.S.R.C.  
IMPRIMEUR DE LA REINE ET CONTRÔLEUR DE LA PAPETERIE  
OTTAWA, 1961

COMITÉ SPÉCIAL DES RECHERCHES

*Président* : M. J. W. Murphy

*Vice-président* : M. C. A. Best

et MM.

Aiken  
Anderson  
Batten  
Bissonnette  
Bourget  
Drysdale

Dumas  
Forge  
Godin  
Korchinski  
McIlraith  
Nugent

Pitman  
Robinson  
Slogan  
Stearns  
Stewart

*Secrétaire du Comité* :

J. E. O'Connor.

## PROCÈS-VERBAL

MARDI 13 juin 1961  
(35)

Le Comité spécial des recherches se réunit à 2 h. 35 de l'après-midi, sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents* : MM. Aiken, Batten, Best, Bissonnette, Drysdale, McIlraith, Murphy, Pitman, Robinson, Stearns et Stewart. — (11)

*Aussi présents* : De l'*Atomic Energy of Canada Limited* : M. D. Watson, secrétaire, M. G. C. Laurence, directeur des recherches à la division de l'étude et de la mise au point des réacteur; le D<sup>r</sup> C. G. Stewart, directeur de la division médicale; et M. G. C. Butler, directeur des recherches à la division de la biologie et de la radiophysique médicale et sanitaire.

Le président rend hommage à la mémoire du député William Anderson qui faisait partie du Comité.

*Il est entendu* — Que le président de l'*Eldorado Mining and Refining Limited* étant en pourparlers avec les autorités du Royaume-Uni au sujet de la vente d'une certaine quantité d'uranium, les membres du Comité transmettront au secrétaire du Comité les questions qu'ils auront à poser, et que les réponses seront imprimées en appendice au compte rendu d'aujourd'hui.

Après avoir été présentés, le D<sup>r</sup> Stewart et M. Butler sont interrogés au sujet de leur spécialité en médecine et en biochimie.

Il a notamment été question de la santé des employés de l'*Atomic Energy of Canada Limited*, de la direction de l'hôpital de Chalk-River, des effets génétiques de l'irradiation, de la recherche en radiobiologie fondamentale, de l'efficacité des abris contre les radiations et de la possibilité de contamination des sources d'eau par les déchets radioactifs.

On a posé d'autres questions à M. Laurence et au D<sup>r</sup> Stewart au sujet de la composition du comité consultatif pour la sécurité des réacteurs, de l'activité de ce comité et de ses rapports avec la Commission de contrôle de l'énergie atomique.

*Il est entendu* — Qu'une brochure intitulée *Effets biologiques de l'irradiation* — Rapport d'un comité de la Société de génétique du Canada sur les besoins de recherche en radiobiologie sera imprimé en appendice au compte rendu de la présente séance du Comité.

M. Butler remet au Comité un document intitulé *Radiation Research in the Life Sciences*.

A 4 h. 52 de l'après-midi, le Comité s'ajourne jusqu'à 2 heures de l'après-midi le mardi 20 juin 1961.

*Le secrétaire du Comité,*  
J. E. O'Connor.

## TÉMOIGNAGES

MARDI 13 juin 1961

2 heures et demie de l'après-midi.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, nous sommes en nombre. Comme vous le savez, la dernière réunion du Comité, qui avait été fixée au mardi 6 juin, a été annulée par suite de la mort soudaine et prématurée de M. William Anderson, membre estimé du Comité.

Nous savons que Bill Anderson serait encore avec nous aujourd'hui s'il ne s'était pas donné avec autant de zèle aux tâches accablantes du Comité et de la Chambre. Les membres du Comité voudront certainement se joindre à moi pour exprimer à M<sup>me</sup> Anderson nos plus sincères sympathies.

M. McILRAITH: Monsieur le président, je veux apporter une correction au compte rendu des témoignages: à la douzième ligne de la page 8 du fascicule 27, remplacer l'expression « aucun tribunal ne » par les mots « tout tribunal ».

Le PRÉSIDENT: Nous avons aujourd'hui parmi nous le D<sup>r</sup> C. G. Stewart, directeur du service médical de l'*Atomic Energy of Canada Limited*, et M. G. C. Butler, directeur du service de biologie et de radiophysique médicale et sanitaire. Et bien entendu, M. Laurence et d'autres experts de Chalk River. Ceux d'entre nous qui sont allés visiter l'usine de Chalk River il y a quelques semaines ont entendu une causerie de M. Butler dont le texte est incorporé aux témoignages à la page 36 du fascicule 19.

M. Mackenzie ne sera pas libre avant lundi ou mardi prochain; M. Gilchrist est actuellement en compagnie des ministres occupé à discuter du contrat d'uranium avec l'équipe britannique. Il ne sera pas libre avant quelque temps. M. McIlraith, vous aviez une ou deux questions à poser? Que voulez-vous que nous fassions? Il serait temps que nous commençons notre travail.

M. McILRAITH: C'est une question spécifique et très peu compliquée. La réponse devrait être courte et concise.

Le PRÉSIDENT: Voulez-vous que la question soit versée au compte rendu? Nous incorporerons la réponse aux témoignages.

M. McILRAITH: Oui, cela pourrait se faire. Je ne désire nullement déranger le président de l'Eldorado alors qu'il discute avec les spécialistes britanniques. Je suis prêt à me conformer à la situation. Ma question se rapporte à la date où ont été communiquées au gouvernement les dispositions finales ou le contrat définitif (ce sont les termes qui ont été employés) intervenu avec le gouvernement du Royaume-Uni relativement aux 24 millions de livres d'uranium. C'est-à-dire la date où l'on a communiqué les dispositions finales ou le contrat définitif. La question originale se trouve à la page ?. Je parle du contrat définitif.

M. DRYSDALE: Nous devrions également trouver la date exacte de la conférence des Bermudes et les noms de tous ceux qui y ont participé.

Le PRÉSIDENT: Nous pourrions obtenir ces renseignements de M. Gilchrist. Ou plutôt dans le communiqué émis à la clôture de la conférence des Bermudes.

M. McILRAITH: C'est un document public.

Le PRÉSIDENT: Estimez-vous que nous devrions déposer le communiqué?

M. McILRAITH: Chaque fois que j'ai abordé la question devant le Comité, il semble y avoir eu un malentendu. M. Gilchrist avait bien compris ma question. La

conférence des Bermudes a marqué le début des pourparlers relatifs à cette affaire. Par la suite, on a entamé des pourparlers sur l'application pratique du contrat définitif et on a échangé des lettres à cet égard.

Le PRÉSIDENT: Voulez-vous présenter votre question en bonne et due forme? Le Comité consentira volontiers à ce que vous la soumettiez au secrétaire, qui obtiendra la réponse de M. Gilchrist et incorporera le tout aux témoignages. Cela vous convient-il?

M. McILRAITH: Oui. M. Gilchrist a la question et il a dit qu'il y répondrait.

Le PRÉSIDENT: Veillez à ce que le secrétaire ait la question. Quand nous obtiendrons la réponse, nous la verserons au compte rendu, selon le vœu du Comité, de même que le communiqué émis à la fin de la conférence des Bermudes.

M. McILRAITH: Il est peut-être déjà inclus au compte rendu.

Le PRÉSIDENT: Non, mais nous en avons parlé en comité. Cependant, le communiqué même n'a jamais été versé au compte rendu.

M. DRYSDALE: Y mentionne-t-on le nom des personnes qui y ont assisté?

Le PRÉSIDENT: Oui. Monsieur McIlraith, je crois que vous-même ou un autre membre du Comité s'est déjà informé d'une lettre écrite par le ministre à M. Bennett, qui était à cette époque président de l'*Atomic Energy of Canada Limited*. Cette lettre contenait les instructions de M. Howe à M. Bennett relativement à ce contrat.

M. McILRAITH: N'était-ce pas l'autorisation d'entreprendre les pourparlers?

Le PRÉSIDENT: C'était l'autorisation de signer les lettres d'intention. J'ai cette lettre en main. Êtes-vous d'avis que nous l'incluons aussi au compte rendu?

M. McILRAITH: Ce n'est pas ce que j'avais demandé. J'ai parlé de la lettre donnant l'autorisation d'entreprendre les pourparlers.

M. BEST: J'en formule la demande.

Le PRÉSIDENT: Désirez-vous que nous la versions au compte rendu?

M. McILRAITH: Il me semble que ce serait approprié. Permettez-moi d'exprimer le vœu que cette lettre soit bien examinée cette fois, afin qu'on n'y laisse pas de blancs trop évidents.

Le PRÉSIDENT: Je propose qu'on verse également un autre document au dossier. Nous avons le tableau de l'assurance. Quelqu'un me l'avait demandé; j'estime que nous devrions l'inclure au compte rendu. Il donne en détail la protection offerte. Qu'en pense le Comité? Il s'agit d'un tableau.

M. BEST: Très bien, monsieur le président. Le Comité aura-t-il l'occasion de demander de plus amples renseignements sur ce tableau, à la séance de la semaine prochaine, par exemple? Est-ce possible?

Le PRÉSIDENT: D'après les renseignements que je possède, les discussions peuvent se prolonger encore pendant dix à quinze jours.

M. BEST: Ne pourrions-nous interroger quelque autre personne là-dessus?

Le PRÉSIDENT: Vous voulez parler de l'assurance? Nous pourrions nous en informer. Il ne serait pas nécessaire que M. Gilchrist soit présent pour cela. Êtes-vous d'accord?

M. BEST: Ces renseignements m'intéressent, monsieur le président. Si la chose est possible, j'aimerais poser quelques brèves questions à ce sujet aux représentants de l'Eldorado.

Le PRÉSIDENT: Seulement sur l'assurance?

M. BEST: Oui.

Le PRÉSIDENT: Si nous obtenons ce document, comme je l'espère, nous serons probablement en mesure de n'avoir pas à faire venir M. Gilchrist. Je vais m'occuper de faire inclure au compte rendu de ce jour la lettre du ministre à M. Bennett et le communiqué émis après la conférence des Bermudes.

M. McILRAITH: Je proposerais qu'on nous soumette ces documents pour que nous puissions leur donner une forme appropriée avant de les verser au compte rendu.

Le PRÉSIDENT: Quelqu'un a mentionné ce communiqué à la Chambre. Nous en avons tous pris connaissance, il est très court.

M. McILRAITH: J'ai une autre question à soulever. A un moment donné, M. Gilchrist a fourni les dates des lettres échangées avec le Royaume-Uni faisant suite à la lettre dont nous venons de parler, soit celle du ministre à M. Bennett. Ces documents ne sont pas déposés, mais nous avons les dates où ils ont été envoyés. Ces renseignements devraient être joints aux autres afin de donner une idée complète de la question.

Le PRÉSIDENT: M. Gilchrist n'était pas en mesure de verser ces documents au dossier.

M. McILRAITH: Je n'insiste pas pour les avoir. Cependant, je crois qu'on devrait nous donner les dates. Il les a déjà mentionnées.

Le PRÉSIDENT: Elles figurent déjà au compte rendu.

M. McILRAITH: Il faudrait joindre ce renseignement aux autres afin que nous ayons une idée complète de la question.

Le PRÉSIDENT: Elles ont déjà été portées au compte rendu.

M. McILRAITH: Dans ce cas, je voudrais qu'on l'indique par un renvoi pour qu'on puisse faire le lien entre les divers éléments de la question. Nous avons déjà certaines lettres, certains documents, mais nous n'avons pas tout.

Le PRÉSIDENT: Ce que vous demandez dans le moment, c'est de relier entre eux les divers éléments de la question.

M. McILRAITH: Exactement. On pourrait commencer par le communiqué émis à la fin de la conférence des Bermudes, ensuite la lettre du ministre au directeur de l'Eldorado l'autorisant à entamer les pourparlers, puis les dates des lettres échangées relativement à ces pourparlers, et enfin, la date où il a communiqué les dispositions finales.

Le PRÉSIDENT: Je crois que le Comité sera parfaitement consentant à ce que nous versions ces informations au compte rendu. Êtes-vous d'accord ?

Des VOIX: Convenu.

Le PRÉSIDENT: Maintenant, messieurs, voulez-vous entendre en premier le D<sup>r</sup> Stewart ?

Docteur Stewart, avez-vous préparé un exposé écrit de ce que vous avez à nous dire ?

Le D<sup>r</sup> CHARLES GORDON STEWART (*Directeur du service médical de l'Atomic Energy of Canada Limited*): Non, monsieur, je n'ai pas préparé d'exposé écrit.

Le PRÉSIDENT: Auriez-vous l'obligeance d'énumérer vos antécédents, de sorte que ces renseignements figurent au compte rendu.

Le D<sup>r</sup> STEWART: Je m'appelle Charles Gordon Stewart. J'ai étudié la biochimie et la physiologie à l'université de Toronto. Par la suite, j'ai étudié les maladies tropicales à McGill. Pendant la guerre, j'ai servi comme officier du service sanitaire de la Marine canadienne. Après la guerre, je suis retourné à l'université de Toronto où j'ai fait des

recherches en biochimie jusqu'à ce que j'entre ensuite au service de l'*Atomic Energy of Canada*.

M. PITMAN: Nous diriez-vous la nature de vos fonctions à l'*Atomic Energy of Canada* ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Je dirige le service médical de l'AECL. Ce service est principalement chargé de veiller à la santé des employés et d'assurer la direction de l'hôpital de Deep River qui reçoit les malades, aveugles et estropiés de la localité.

M. PITMAN: Vos fonctions vous mènent-elles généralement en dehors de l'AECL ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Oui, je fais partie d'un certain nombre de commissions tant canadiennes qu'internationales, qui s'intéressent aux questions de la radioactivité et de sujets connexes.

Le PRÉSIDENT: Puis-je vous demander, docteur, de donner oralement un exposé de la nature de vos responsabilités, plutôt que d'attendre nos questions ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Notre service a pour principale responsabilité de veiller à la santé des employés de l'usine par des examens médicaux périodiques, des examens spéciaux, des analyses destinées à déterminer la santé des employés des laboratoires, analyses qui évaluent le degré de radiation clinicopathologique et radiochimique. A ce titre, nous assurons le contrôle du degré de contamination interne des employés de l'usine.

Le service médical est aussi chargé de la direction de l'hôpital de Deep River, qui compte 30 lits et 10 berceaux. Tout le personnel de cet hôpital, à l'exception des médecins, est à l'emploi de l'*Atomic Energy of Canada*. Il s'agit d'un hôpital privé qui appartient à l'AECL. Celle-ci en assume la direction et veille de cette sorte à la santé de la population de Deep River et des personnes qui habitent aux abords de la ville. Néanmoins, c'est un hôpital privé.

M. BEST: Vos fonctions sont-elles principalement d'assurer la protection des employés ou vous occupez-vous aussi d'études médicales fondamentales relativement à la radiation ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: En effet, en plus du système de protection assuré par notre service, nous nous occupons de la recherche relativement à la toxicologie des matières radioactives.

M. BEST: Je me rends compte que vous avez une très lourde responsabilité. Ce sont là vos fonctions, en plus d'assurer la protection des employés ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Exactement.

M. BEST: Auriez-vous l'obligeance de nous expliquer en détail quelles sont vos responsabilités à l'égard des divers groupes d'employés ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Le service lui-même se divise en trois sections qui sont en réalité des départements. Le premier est chargé de l'hôpital du village qui se suffit largement à lui-même. Le deuxième est chargé de l'hôpital de l'usine qui voit au bien-être médical des employés; quant au département de la recherche médicale, il s'occupe du problème de la contamination interne causée par les substances radioactives et de la recherche relative à la toxicologie des substances radioactives sur l'organisme humain.

M. BEST: Spécifiez en détail le genre de recherche qui occupe le personnel de ce département.

Le D<sup>r</sup> STEWART: Nous avons fait des recherches sur l'absorption et sur le taux de contamination du strontium et du césium radioactifs ainsi que du radioiode qui sont les principaux produits de la fission. Ce sont les problèmes d'ordre pratique qui nous intéressent plus particulièrement de sorte que nous puissions déterminer avec le plus

de précision possible le degré de radiation reçu par un individu contaminé par ces éléments radioactifs.

M. PITMAN: Monsieur le président, le témoin pourrait-il parler plus fort, s'il vous plaît. Je n'entends guère d'ici.

Le PRÉSIDENT: Vous pourriez vous approcher un peu. Il fait très chaud aujourd'hui. Venez plus près. Il y a un peu de climatisation ici.

Monsieur Robinson, vous avez une question ?

M. ROBINSON: Puis-je demander au D<sup>r</sup> Stewart si ces services spéciaux s'étendront à l'usine de la CANDU qui est actuellement en construction ? Y fera-t-on des recherches semblables à celles que vous menez à Deep River ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: D'après les renseignements dont je dispose, un organisme médical semblable au nôtre, dépendant de l'Hydro d'Ontario, qui est propriétaire de cette usine, sera en activité à la CANDU.

M. ROBINSON: Quand la construction sera achevée ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Quand l'usine aura commencé de fonctionner.

M. DRYSDALE: Docteur, vous êtes membre de la commission consultative de sécurité des réacteurs ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: En effet.

M. DRYSDALE: Quels sont les autres membres de cette commission ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: C'est M. Laurence qui en est le président, bien entendu. Il y a ensuite M. Gilbert et moi-même de l'AECL, et le D<sup>r</sup> Mawson. Pour les réacteurs de la province de l'Ontario, ce sont le D<sup>r</sup> Leppard, du ministère de la Santé de cette province, et M. Gibson, du ministère provincial du Travail. La commission comprend en outre M. Henri Gaudefroy, doyen de l'École Polytechnique de Montréal, M. Harold Smith, directeur de la division NPPD de l'AECL à Toronto et le D<sup>r</sup> Watkinson, délégué du ministère national de la Santé et du Bien-être.

M. DRYSDALE: Quelles sont vos fonctions particulières au sein de cette commission ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: C'est une bonne question. Mes fonctions sont probablement de donner mon avis sur les dangers que comportent les réacteurs au point de vue biologique.

M. DRYSDALE: Étant donné la manière dont vous avez répondu à ma question, je vous demande sans ambages si vous avez vous-même agi à titre de conseiller ou si l'activité au sein de la commission se limite à un petit groupe seulement.

Le D<sup>r</sup> STEWART: La commission fonctionne en bloc. Le D<sup>r</sup> Mawson et moi-même portons le gros du fardeau, si je puis m'exprimer ainsi, quant aux informations relatives à la biologie et au bien-être humain.

M. DRYSDALE: Qui possède les connaissances en génie nécessaires pour évaluer la sécurité des réacteurs au point de vue de la physique ? A qui revient cette responsabilité ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Cette responsabilité est partagée entre plusieurs membres de la commission, dont M. Laurence, moi-même, M. Smith et M. Gilbert.

M. G. C. LAURENCE (*Directeur de la recherche, service de la recherche et de la mise en valeur, AECL*): Puis-je ajouter que les membres de la commission assument collectivement la responsabilité de conseiller la Commission de contrôle.

M. DRYSDALE: Qu'est-ce qu'ils assument ?

M. LAURENCE: La responsabilité collective des conseils donnés à la Commission. Notre Commission comprend, bien entendu, des spécialistes de divers domaines connexes aux sciences et au génie.

M. DRYSDALE: Vous êtes le président de la Commission, monsieur Laurence ?

M. LAURENCE: C'est exact.

M. DRYSDALE: Quels sont vos rapports avec la Commission de contrôle de l'énergie atomique, quant aux recommandations relatives à la sécurité des piles ?

M. LAURENCE: Nous agissons à titre d'organisme consultatif de la Commission. Cette dernière nous consulte sur la sécurité des piles qu'on se propose de mettre en activité. Ce qui signifie que nous étudions le dessin de ces piles du point de vue de leur sécurité et nous soumettons notre opinion à la Commission.

M. DRYSDALE: Y a-t-il un membre de votre Commission qui est plus spécialement compétent pour évaluer la sécurité des réacteurs du point de vue du génie et des sciences ?

M. LAURENCE: Notre tâche consiste à conseiller la Commission de contrôle.

M. DRYSDALE: Ma question était: y a-t-il un membre de la Commission qui est plus spécialement compétent sous ce rapport ?

M. LAURENCE: Comme vous le savez, la Commission est un organisme assez restreint.

M. DRYSDALE: Je ne demande pas si c'est un organisme considérable. Ma question vise à savoir s'il y a un membre de la Commission qui possède une compétence suffisante en génie pour évaluer la sécurité des piles ?

M. LAURENCE: Chacun des membres de la Commission possède une expérience considérable dans sa propre sphère et l'avis des membres est naturellement d'un grand poids. Je ne crois pas qu'aucun d'entre eux revendique le titre de spécialiste.

M. DRYSDALE: Je vais poser ma question en d'autres termes. C'est M. Mackenzie qui est président de la Commission. Quelle est sa spécialité ?

M. LAURENCE: C'est un ingénieur civil.

M. DRYSDALE: A-t-il la compétence voulue pour évaluer en termes de génie la sécurité des piles ?

M. LAURENCE: Oui; il possède certainement une grande compétence en génie qui lui permet d'évaluer la sécurité des piles sous cet aspect.

M. DRYSDALE: Quelle est la spécialité du D<sup>r</sup> (?) Paul E. Gagnon ?

M. LAURENCE: Je ne crois pas qu'il soit membre de la Commission.

M. DRYSDALE: Il en faisait partie lors de la dernière réunion de cet organisme dont je possède le compte rendu, soit en janvier 1961. Cette réunion a porté sur la réorganisation de certains aspects du programme. Ce que j'essaie de découvrir, c'est la composition de votre Commission et les spécialités de ses membres.

M. LAURENCE: Je crains de ne pas saisir le but de votre question.

M. DRYSDALE: Je ne vous demande pas le but de ma question.

M. LAURENCE: Si je savais le but de votre question, je pourrais la comprendre.

M. DRYSDALE: C'est une question de la plus grande simplicité. Qui sont les membres de la Commission et quels sont les domaines particuliers de leurs spécialités ?

M. LAURENCE: Si vous voulez patienter une minute, je vais consulter la liste. Il y a M. Gaudefroy et M. W. Gilchrist...

M. DRYSDALE: Que fait M. Gaudefroy ?

M. LAURENCE: Il est ingénieur en mécanique. Viennent ensuite M. Gilchrist, M. J. L. Gray et le D<sup>r</sup> E. W. Steacie.

M. DRYSDALE: Voici à quoi je veux en venir: qui a présenté à la Commission de contrôle de l'énergie atomique les recommandations relatives au coefficient de sécurité relatif aux tubes à pression des réacteurs ?

M. BEST: J'aimerais qu'on m'éclaire sur l'objet de notre étude d'aujourd'hui. J'avais l'impression que nous devions examiner les aspects médical et biologique de la question, et que nous interrogerions à cet égard M. Mackenzie. Voilà ce que je pensais.

Le PRÉSIDENT: M. Drysdale a demandé au témoin quelles étaient ses responsabilités à l'égard du danger des réacteurs. Il est vrai que nous pourrions explorer la question plus avant lors de notre prochaine séance.

M. BEST: Je sais que c'est un aspect des plus intéressants mais j'estime que nous devrions nous limiter à un domaine à la fois.

Le PRÉSIDENT: M. Drysdale aura une autre fois l'occasion de poser sa question.

M. DRYSDALE: J'ai l'intention de l'exprimer de nouveau car, apparemment, M. Best se méprend sur mes intentions. Le D<sup>r</sup> Stewart et M. Butler ont laissé entendre qu'ils font partie de la Commission consultative de sécurité des réacteurs.

M. BUTLER: Je n'en fais pas partie.

M. DRYSDALE: Mais néanmoins, le groupe dont vous faites partie s'intéresse à cette question.

M. STEARNS: Il s'agit de biologie et de physique sanitaire ?

M. BEST: Je n'ai pas d'objection à ce domaine. Ce qui m'intéresse, c'est de m'assurer que, lorsque la question reviendra sur le tapis, nous l'explorions aussi complètement que possible cette fois.

Le PRÉSIDENT: Si nous n'entrons pas dans la question des groupes, M. Drysdale a le droit d'interroger le témoin qui est médecin et qui a expliqué ses fonctions au Comité. Les membres du Comité ont parfaitement le droit de demander à la Commission de contrôle de l'énergie atomique qui a la responsabilité d'étudier les recommandations qui lui sont soumises.

M. BEST: Il y a des membres de cette Commission ici présents. Le président n'est pas ici, mais il viendra la semaine prochaine.

M. DRYSDALE: Malheureusement, je ne puis poser mes questions toutes à la fois, il faut que je les pose une à une. Quant au service de biologie et de physique sanitaire, à laquelle M. Butler est rattaché, nous pouvons procéder avec certitude.

M. BUTLER: C'est le domaine du D<sup>r</sup> Mawson.

M. DRYSDALE: Mais votre service s'occupe de cette question. Il m'est égal que vous soyez ou non personnellement membre de ce service. M. Laurence a laissé entendre qu'il fait partie de cette Commission. J'essayais de m'enquérir, auprès des membres de la Commission, de leurs responsabilités respectives. Lorsque M. Best m'a interrompu pour me demander où je voulais en venir, j'étais en train de chercher à découvrir qui a pris la responsabilité de recommander qu'on abaisse de 4 à 3 les normes des tubes de pression d'essai; et bien que cela puisse être du ressort de M. Mackenzie, j'envisage la question sous l'angle sanitaire. Si l'on abaisse les normes de sécurité, je veux découvrir qui en est responsable, et qui était en mesure de faire cette recommandation, tant du point de vue de la santé que de la biologie.

M. LAURENCE: Monsieur le président, la Commission consultative de sécurité des réacteurs a pour tâche de conseiller la Commission de contrôle de l'énergie atomique, lorsque cette dernière la consulte, naturellement, relativement à la sécurité des réacteurs dont on envisage la construction et la mise en action.

M. DRYSDALE: Faites-vous vos recommandations par écrit ?

M. LAURENCE: Nous soumettons à la Commission nos recommandations par écrit.

M. DRYSDALE: Votre Commission a-t-elle recommandé qu'on abaisse le coefficient de 4 à 3 dans les tubes à pression ?

M. LAURENCE: Pas spécifiquement. En général, nos recommandations au Bureau ne sont pas détaillées. Ce que la Commission attend de nous, c'est que nous lui disions si les normes de sécurité des réacteurs proposés sont satisfaisantes.

M. DRYSDALE: La Commission a-t-elle toujours agréé vos recommandations ?

M. LAURENCE: Il ne s'est pas présenté d'occasion où l'on ait rejeté notre avis.

M. DRYSDALE: Ce qui veut dire qu'on a accepté toutes vos recommandations ? Cependant, vous ne faites pas de recommandations spécifiques relativement aux tubes de pression du point de vue du coefficient de sécurité ?

M. LAURENCE: Nous n'en faisons pas généralement, à moins qu'on nous demande expressément d'étudier cette question. Ce n'est là qu'un détail parmi un nombre énorme de détails qu'il faut examiner. S'il fallait faire rapport de tous ces détails, nos documents prendraient des proportions encombrantes. Après tout, la question finale est de savoir si, à notre avis, les normes de sécurité de l'ensemble du plan à l'étude sont acceptables sous tous les aspects importants.

M. DRYSDALE: Votre Commission s'est-elle déjà adressée à l'ASME relativement au coefficient de sécurité des tubes de pression afin d'obtenir l'avis de cet organisme ?

M. LAURENCE: Non, monsieur. Il n'y aurait pas de raison pour que nous le fassions.

M. BEST: N'est-ce pas un organisme qui fait autorité dans ce domaine ? N'est-ce pas ce que vous faites habituellement ?

M. LAURENCE: Il fait certainement autorité pour ce qui est de la sécurité des chaudières et des cuves de pression conventionnelles. Mais ces cuves de réacteur ne sont pas des chaudières conventionnelles. Elles sont utilisées dans des conditions tout à fait différentes. Du point de vue sécurité, elles ont peu en commun avec les chaudières. Leurs problèmes nombreux sont tout à fait différents et si nous nous guidions uniquement sur le code de l'ASME relativement aux chaudières, lorsque nous étudions la sécurité de ces cuves de réacteur, nous nous tiendrions sur un terrain très dangereux.

M. DRYSDALE: Comment cela ?

M. LAURENCE: Parce que le code de l'ASME n'est pas applicable aux cuves de réacteur.

M. BEST: Pouvez-vous être plus explicite ?

M. LAURENCE: Je n'ai guère besoin de vous rappeler que les cuves de réacteur fonctionnent dans des conditions tout à fait différentes. Elles contiennent des matières radioactives. La cuve elle-même est une source de radiation. Le but du code relatif aux chaudières est en partie... et je crois que c'est la partie qui vous intéresse... de protéger la vie et la santé des employés qui travaillent autour des chaudières de sorte qu'ils ne soient pas tués ou blessés par suite de défauts des chaudières.

M. DRYSDALE: Serait-il juste de dire que l'inspecteur ontarien qui a fait un règlement spécial réduisant les normes de 4 à 3 s'inspirait principalement des recommandations de votre commission ?

M. LAURENCE: Il devait s'inspirer de l'étude qu'il a faite des renseignements qu'on lui a soumis. La Commission comme telle ne lui a soumis aucun renseignement. Puis-je revenir sur cette question ?

M. DRYSDALE: J'aurais une autre question à poser.

M. LAURENCE: Ma réponse était incomplète. Si vous me le permettez, je vais la continuer. J'ai souligné le fait que les problèmes de sécurité des chaudières à vapeur conventionnelles sont tout à fait différents de ceux des cuves à réacteur. L'une des plus importantes différences, du point de vue qui vous intéresse, consiste dans les dangers possibles auxquels sont exposés les employés qui les actionnent. Lorsqu'une chaudière conventionnelle éclate, l'explosion tue les employés. Voilà pourquoi il est très important que des règlements réduisent au minimum la possibilité de telles déficiences. C'est cela qui a amené la délimitation de certains coefficients de sécurité relativement à l'enveloppe des chaudières. Les circonstances sont tout autres pour ce qui est des tubes de pression dont la sécurité est mise en doute, car les déficiences de ces tubes ne peuvent provoquer aucun accident chez les employés parce que ces derniers n'ont pas le droit d'entrer dans la pièce où le réacteur est situé. Par conséquent, du point de vue de la sécurité, les normes observées dans les plans de ces tubes ne sauraient s'appliquer dans d'autres cas. C'est là la différence.

M. DRYSDALE: Monsieur Laurence, auriez-vous l'obligeance de suivre un instant le fil de ma question. Pour le cas que nous considérons, vous avez donné à entendre que vous faites vos recommandations à la Commission de contrôle de l'énergie atomique et que celle-ci ratifie, je suppose, ces recommandations mais que vous n'en avez jamais interrogé les membres au sujet de la pression autorisée par la loi ontarienne relative aux chaudières et aux cloches à pression. Comme vous l'avez dit, en se basant sur la recommandation qu'il a reçue de la Commission de contrôle de l'énergie atomique, l'inspecteur donne à entendre que, fondamentalement, c'est votre recommandation. Quelle est la marche à suivre habituelle en vertu de cette loi ?

M. LAURENCE: Vous me demandez quelle est la marche à suivre en vertu de la loi de l'Ontario ?

M. DRYSDALE: En vertu de la loi ontarienne relative aux chaudières et aux cloches à pression. Êtes-vous au courant ou non de la marche à suivre préconisée par cette loi ? Si vous l'êtes, je pourrai vous poser quelques questions, sinon je ne le pourrai pas.

M. LAURENCE: Je ne pourrai répondre que de manière très superficielle, monsieur Drysdale. Vous feriez mieux de diriger ces questions à l'endroit de quelqu'un d'autre.

M. DRYSDALE: Puis-je alors vous informer que la méthode habituelle comme je le comprends, est d'accepter les normes de la *Canadian Standards Association*. Lorsqu'on ne peut pas les appliquer, ce qui ne se présente que dans deux ou trois cas, on défère habituellement la question à l'ASME.

M. LAURENCE: Oui.

M. DRYSDALE: Est-ce ce qu'on fait dans le cas qui nous occupe ? Soit pour l'uranium et les matières radioactives. Le savez-vous ?

Le PRÉSIDENT: Préférez-vous que M. Mackenzie réponde à cette question, monsieur Laurence ?

M. DRYSDALE: C'est M. Laurence qui est président de la Commission et c'est cette dernière qui fait les recommandations relatives aux aspects biologiques et sanitaires de la sécurité.

Le PRÉSIDENT: Je crois que votre question implique la responsabilité du président de la Commission de contrôle de l'énergie atomique.

M. DRYSDALE: J'en conviens, mais je préfère m'adresser sur ce point particulier aux témoins qui sont ici présents.

Le PRÉSIDENT: Très bien.

M. LAURENCE: Pour répondre à la question de M. Drysdale, la *Canadian General Electric Company* a débattu le problème du coefficient de sécurité avec le ministère ontarien du Travail.

M. DRYSDALE: Mais pour répondre à ma question, vous ne savez pas si l'on a habituellement soumis ces cas à la décision de l'ASME. Celle-ci compte un grand nombre de commissions. Apparemment, c'est ce qu'on fait habituellement pour les cuves à pression. Savez-vous si on s'est conformé à cet usage dans le cas présent ?

M. LAURENCE: Je ne saurais dire.

M. BEST: Savez-vous s'il serait dangereux de suivre les recommandations de l'ASME ou ses prescriptions habituelles? Pourriez-vous m'expliquer comment vous entendez ce terme ?

M. LAURENCE: Il serait très dangereux de nous guider seulement d'après le code de l'ASME car ce dernier ne tient pas compte de plusieurs autres facteurs importants de sécurité.

M. DRYSDALE: Je veux être équitable en cette question. N'est-ce pas la pratique habituelle de l'ASME d'instituer diverses sous-commissions ? L'une, par exemple, étudie actuellement un problème spécial. Elle consulte les gens intéressés, soit les personnes les plus qualifiées du Canada et des États-Unis, qui donnent leur approbation à un règlement. Par conséquent, il ne s'agit pas seulement du code, mais de ces sous-commissions qui font enquête de temps en temps pour présenter des recommandations appropriées. Comme il semble que ce soit la manière habituelle de procéder en vertu de la loi ontarienne, pourquoi n'a-t-on pas agi de même dans le cas présent ? Quel était l'organisme qui serait mieux qualifié que l'ASME pour recommander cette diminution de 4 à 3 ?

M. LAURENCE: Tout ce que je puis vous dire, c'est que la Canadian General Electric a consulté le ministère du Travail de l'Ontario, mais je ne saurais dire s'il y a eu d'autres discussions avec les commissions de l'ASME.

M. BEST: Cet homme qui a inspecté les chaudières est-il un employé du ministère du Travail ?

M. LAURENCE: Oui, il est chargé de ce travail.

M. BEST: En d'autres mots, il est responsable de l'inspection. Quelle a été son opinion ? L'a-t-il exprimée par écrit ? A-t-il donné des instructions ?

M. LAURENCE: On a déjà traité de cette question dans les témoignages précédents.

Le PRÉSIDENT: On a posé plusieurs questions qui devraient plutôt être adressées à M. Mackenzie.

M. BEST: Nous pourrions élucider le problème quand M. Mackenzie viendra témoigner.

M. LAURENCE: Monsieur le président, avant de laisser tomber la question, j'aimerais rappeler au Comité que M. McRae, dans son témoignage, a fait remarquer qu'en vérité le coefficient de sécurité employé dans ces tubes excédait de quatre. C'est pourquoi je ne puis comprendre la raison qui motive ces questions.

M. BEST: Je ne crois pas que cette affirmation ait été donnée comme réponse par M. Gray, par exemple, ni par vous. Elle fait partie du témoignage de M. McRae, mais elle n'a pas servi d'argument lorsque le débat s'est amorcé.

M. LAURENCE: Les membres du Comité se rappelleront que, étant donné la fin des séances, il ne nous a pas toujours été facile de présenter tous les arguments que nous aurions aimé avancer. Toutefois, sur le cas qui nous occupe, M. McRae et moi-même avons tous deux donné notre avis l'autre jour.

M. DRYSDALE: C'est exact. Et c'est la raison pour laquelle on a réduit de 4 à 3 le coefficient normal.

M. LAURENCE: Les responsables ont demandé la permission de faire cette réduction parce qu'ils estimaient pouvoir agir ainsi. Il arriva que la robustesse du matériel

était en réalité plus grande qu'on avait prévu, ce qui fait qu'en pratique, le coefficient de sécurité est resté excédent de trois. Pourquoi l'a-t-on réduit à trois, je suppose que c'est parce que rien ne s'y opposait.

M. DRYSDALE: Je ne veux pas pousser la question trop loin. Les seuls qui étaient en mesure de faire des recommandations étaient vous-même et la Commission de contrôle de l'énergie atomique, et vos recommandations sont reconnues. Si je comprends bien, l'inspecteur n'a aucune expérience de cet aspect particulier de l'énergie atomique, et on a passé outre à la marche à suivre habituelle, soit de faire appel à l'ASME; au lieu de cela, on a fait un code ou un règlement spécial, autorisé par la loi, mais, si je comprends bien, c'est un précédent. Voilà ce qui m'intéressait, c'est-à-dire ces renseignements d'arrière-plan; je voulais m'enquérir de l'expérience de M. Butler et du D<sup>r</sup> Stewart sur l'aspect quotidien de la question. C'est tout ce que je voulais. Je comprends qu'on se soit écarté des dispositions habituelles de la loi ontarienne. Je suppose qu'il est bien facile d'envoyer une lettre à l'ASME pour en obtenir une recommandation, mais au lieu de cela... je ne cherche pas à faire d'insinuation malveillante, monsieur Laurence, mais je pensais à la marche à suivre qu'on avait adoptée dans le passé.

M. LAURENCE: Je n'ai pas de raison de supposer qu'on n'a pas suivi la marche à suivre habituelle dans ce cas. Je ne sais pas quelle est cette pratique.

M. DRYSDALE: La loi prévoit qu'une ordonnance spéciale soit faite par l'inspecteur; en vertu de cette ordonnance spéciale, celui-ci a réduit le coefficient de sécurité de 4 à 3. Je ne puis m'imaginer pourquoi on n'a pas consulté l'ASME étant donné que c'est le seul organisme indépendant qui ait quelque expérience en énergie atomique.

M. LAURENCE: Vous possédez évidemment des renseignements que je ne possède pas. Je ne sais si on l'a consulté ou non.

En tout cas, il y a probablement eu un précédent, et je suppose que, dans ce cas, il n'est pas nécessaire de consulter l'ASME.

M. DRYSDALE: On m'informe que c'est le seul cas où l'on ait jamais appliqué cette disposition spéciale de la loi. Voilà pourquoi je m'inquiétais des aspects santé et sécurité.

M. LAURENCE: Pour ce qui est de la commission dont je fais partie, nous étudions le problème entièrement du point de vue de la sécurité des employés et du public; d'après la forme de la structure, nous n'avons vu aucune augmentation des risques de danger pour les employés et pour le public dans cette réduction du coefficient de sécurité.

M. DRYSDALE: Qui, de votre groupe, fait plus particulièrement les recommandations? Qui est le plus qualifié sur cet aspect des coefficients de sécurité?

M. LAURENCE: Vous connaissez nos qualifications, monsieur Drysdale.

M. DRYSDALE: Je demande qui, spécifiquement, dans votre groupe, a ces connaissances particulières. Auquel d'entre vous vous en remettez-vous? Ce ne serait pas au D<sup>r</sup> Stewart parce que c'est l'aspect médical qui l'intéresse.

M. BEST: M. Laurence a parlé de la responsabilité collective.

M. DRYSDALE: Oui, mais il doit y avoir quelqu'un qui fasse autorité en la matière.

M. LAURENCE: Nous avons cinq ingénieurs qui s'occupent de la sécurité des plans des cuves à haute pression.

M. DRYSDALE: Ces cinq ingénieurs font-ils leurs recommandations collectivement?

M. LAURENCE: Je ne me souviens pas qu'il y ait eu de divergences d'opinions sur cette question.

M. McILRAITH: Je voudrais quelque éclaircissement sur la question de M. Drysdale: dans ses dernières questions, M. Drysdale a mentionné fréquemment les termes

« marche à suivre habituelle » et « marche à suivre normale ». Pourriez-vous dire au Comité si le problème posé par cette question, soit en dehors de la sphère à l'étude, dans son usage relativement à l'énergie atomique, relève habituellement d'un organisme provincial, ou est-ce inusité ?

M. LAURENCE: Étant donné qu'il s'agit d'un appareil contenant un liquide sous haute pression, je crois que le ministère ontarien du Travail estime de son devoir de voir à sa sécurité.

Le PRÉSIDENT: Voulez-vous savoir s'il s'agissait ou non d'un précédent, monsieur McIlraith ?

M. McILRAITH: C'est cela.

Le PRÉSIDENT: M. Laurence a dit qu'il n'y avait pas de précédent, et qu'il s'agissait, n'est-ce pas, de la première fois que le ministère du Travail de l'Ontario avait à rendre une telle décision ?

M. LAURENCE: C'est exact. C'est-à-dire une décision par rapport à une cuve de réacteur.

M. DRYSDALE: Je crois que ceci va donner une fausse impression car j'ai parlé de la ligne de conduite suivie habituellement. Mais quelle ligne de conduite suit-on habituellement lorsqu'on rencontre un cas inusité comme celui-ci ? Normalement, on soumettrait le cas à l'ASME, organisme dont les membres possèdent l'expérience voulue dans ce domaine, ce qui est plutôt rare au Canada, mais non aux États-Unis. Normalement, on a recours à l'une des sous-commissions de cet organisme qui a quelque expérience dans le domaine des piles atomiques, et on obtient l'opinion de cette commission quant au coefficient de sécurité. Mais si je comprends bien, on n'a pas suivi la ligne de conduite habituelle dans le cas qui nous occupe. Je veux dire que, dans les cas inusités, on s'adresse à l'ASME, comme le stipule la loi ontarienne relative aux chaudières et cuves à pression.

Le PRÉSIDENT: La question de M. McIlraith n'a pas embrouillé le problème. Il a demandé explicitement ce que vous vouliez savoir il y a un moment: y a-t-il eu un précédent ?

M. DRYSDALE: Il ne peut pas y en avoir eu.

Le PRÉSIDENT: Et M. Laurence a dit qu'il n'y en avait pas eu. Vous avez qualifié cette façon d'agir d'inusitée, c'est-à-dire vous avez demandé si elle était inusitée. Les deux questions ont donc un lien entre elles, même si elles sont très distinctes.

M. DRYSDALE: Excepté la conclusion tirée de la question de M. McIlraith et de la réponse qui en a été faite qu'on n'avait pas eu raison de ne pas s'adresser à l'ASME.

Le PRÉSIDENT: Je n'en suis pas venu à cette conclusion. J'ai compris que la question signifiait: cette façon d'agir a-t-elle eu des précédents ? Bien entendu, comme l'a dit M. Laurence, c'était la première fois que le ministère du Travail avait à s'occuper d'une question de ce genre. Il ne peut donc y avoir de confusion à cet égard dans mon esprit.

M. LAURENCE: A ma connaissance, monsieur Drysdale, lorsque la Canadian General Electric a débattu la question avec le ministère ontarien du Travail, elle a suivi une ligne de conduite absolument régulière. Je ne vois là aucune dérogation à la ligne de conduite habituelle. Voilà pourquoi je ne saisis pas le sens de votre question. Il est évident que je ne saurais dire si, au sein du ministère du Travail, on a traité ce problème de la manière habituelle ou autrement; mais cet aspect ne nous concerne pas, à mon avis.

M. DRYSDALE: Mais si, cela nous concerne, car le document déposé devant le Comité relativement à la décision de l'inspecteur mentionnait une décision spéciale prévue par la loi. A ce que j'ai compris, on ne donnait nullement à entendre qu'il y

avait eu recours à l'ASME. Mes questions visaient à découvrir, pour ce qui est du coefficient de sécurité, pourquoi on ne l'avait pas fait dans ce cas particulier, pourquoi on n'avait pas consulté un organisme qui avait quelque expérience des réacteurs atomiques, car si ce dernier avait recommandé un coefficient de trois, je ne crois pas qu'aucun doute eut subsisté. Le fait est que ce sont les deux groupes qui sont le plus profondément intéressés qui ont fait la recommandation; et je ne sache pas que, en vertu de la loi sur les chaudières à pression, il y ait quelqu'un qui soit en mesure d'aller quelque part faire une étude particulière de la situation. Le seul groupe auquel je puis penser comme pouvant agir de la sorte, c'est l'ASME. C'est pourquoi je veux savoir pourquoi il n'y a pas eu de lettre qui lui ait été envoyée, pour lui demander d'examiner la situation et de présenter une recommandation. C'est tout ce que je cherchais à savoir.

M. LAURENCE: Une lettre de qui, adressée à qui ?

M. DRYSDALE: Soit de l'inspecteur de l'ASME, qui aurait exposé la situation et le problème, ou de la sous-commission la plus étroitement liée à ce domaine, qui aurait demandé une étude de la situation et une recommandation. Si on avait alors recommandé un coefficient de trois, je ne crois pas qu'il se serait posé de question. Malheureusement, la seule personne qui a fait une recommandation est rattachée au groupe qui poursuit des expériences et la recherche sur un réacteur en particulier. La recommandation est probablement justifiée. Ce n'est pas ce que je mets en doute. Si, toutefois, l'organisme examinait la question de sécurité, la situation s'en trouverait, je crois, sensiblement renforcée du fait que vous auriez une recommandation d'un groupe extérieur. Il semble cependant que, jusqu'ici, on s'est toujours contenté de déférer les questions de chaudières et de cuves à pression à l'ASME. Je ne comprends pas qu'on ne l'ait pas fait dans ce cas particulier, puisque le document qui a été déposé révèle qu'il y a eu une décision particulière. Sauf erreur, c'est la première fois que la chose se produit.

M. LAURENCE: Je ne suis pas en mesure de parler de ce qui a été fait à ce sujet par le ministère du Travail de l'Ontario.

M. PITMAN: Puisque M. Mackenzie comparaitra la semaine prochaine, M. Drysdale pourra peut-être continuer à poser ses questions à ce moment-là.

Je voudrais continuer en interrogeant le D<sup>r</sup> Stewart et M. Butler au sujet de la contamination radioactive. Avons-nous quelque norme qui nous permette, au Canada, de déterminer ce qui constitue la contamination radioactive ? Par exemple, si l'approvisionnement d'eau d'une collectivité devenait radioactive, quelle norme nous permettrait de décider si elle est vraiment radioactive ou si elle ne l'est pas ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Nous devons nous conformer à la loi sur le contrôle de l'énergie atomique et aux restrictions qui y sont imposées. Nous sommes régis par les règles de la Commission internationale sur la protection contre la radioactivité.

M. PITMAN: Ce sont les mêmes règles qui s'appliquent aux États-Unis ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Ils observent les exigences de la Commission nationale sur la protection contre les radiations, mais les normes sont sensiblement les mêmes.

M. PITMAN: Pouvez-vous me dire qui est chargé de décider si une source d'eau est radioactive ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Dans les provinces, je crois que c'est en général le ministère de la Santé qui s'acquitte de cette tâche en plus de ses autres fonctions. Quant aux sources d'eau qui se trouvent dans le voisinage de notre entreprise, c'est à nous qu'incombe cette responsabilité.

M. PITMAN: Vous dites que dans les provinces la question relève des autorités provinciales ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Je crois, en effet, que c'est une question d'hygiène publique.

M. PITMAN: C'est fort intéressant. Quel serait le fonctionnaire provincial qui aurait la formation voulue pour lui permettre de décider si une région est contaminée ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: La division de l'hygiène industrielle est dirigée par un physicien spécialisé en physique nucléaire; c'est son groupe qui a cette responsabilité.

M. PITMAN: Qu'advierait-il si l'on était à peu près certain qu'une société minière déverse des déchets dans un lac du voisinage ? Devrait-on s'adresser à l'administration provinciale pour obtenir une décision ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Je crois que oui.

M. PITMAN: Très bien. Je croyais que ce domaine relevait de l'administration fédérale. C'est du moins les renseignements obtenus par des personnes avec qui j'ai été en contact au sujet de ce problème. Croyez-vous qu'il s'exerce un contrôle véritable à cet égard ? Croyez-vous qu'au Canada nous soyons à la page sous ce rapport ?

M. BUTLER: Notre division surveille les eaux du point de vue de la contamination radioactive aux environs de l'établissement d'énergie atomique de Chalk River. Récemment, nous nous sommes entendus avec le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social qui se chargera peu à peu de cette tâche de vérifier le niveau de contamination dans le voisinage des limites des établissements des réacteurs.

M. PITMAN: Il s'agit bien du ministère fédéral ?

M. BUTLER: En effet, du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social. Dans la mesure du possible, et si le ministère provincial y consent, le service fédéral déléguera sa responsabilité au service provincial approprié. Dans notre cas, il pourra céder une part de sa tâche au ministère de la Santé de l'Ontario et à celui du Québec. Dans la région de White Shell, c'est le ministère de la Santé du Manitoba qui s'en chargera. C'est habituellement l'entente qui intervient entre les autorités fédérales et provinciales. Si les services provinciaux sont en mesure d'accomplir ce travail et veulent bien s'en charger, c'est à elles qu'on le confie. S'il y a un vide à remplir quelque part, c'est le ministère fédéral de la Santé et du Bien-être qui le remplira.

M. PITMAN: Si le niveau de contamination radioactive s'élève au-dessus de celui qui est prévu par la Commission internationale, la question est-elle réglée ou bien y a-t-il une certaine part de tolérance ? Je veux savoir s'il y a un certain niveau de contamination indéterminé. C'est une situation qui s'est présentée dans notre voisinage immédiat, lorsqu'une société minière a déversé des déchets radioactifs dans un lac où quelqu'un possède un établissement de commerce. L'intéressé a perdu tous ses clients et ne peut obtenir de solution à son problème. On le renvoie du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social au ministère provincial de la Santé et vice-versa. Il n'obtient aucun résultat. J'ai donc l'impression que les domaines de responsabilité sont assez mal définis à cet égard.

Le PRÉSIDENT: M. Jarvis viendra témoigner mardi prochain. Il est secrétaire et conseiller juridique de la Commission de contrôle de l'énergie atomique.

Voulez-vous entendre la déclaration de M. Butler ? Il y aura peut-être lieu de lui poser ensuite des questions. Voulez-vous commencer, monsieur. Veuillez bien nous donner vos antécédents et ensuite donner lecture de la déclaration que vous voulez faire visager au compte rendu.

M. BUTLER: J'ai obtenu un diplôme en physiologie et en biochimie de l'université de Toronto en 1935 et un doctorat en biochimie en 1938. De 1938 à 1940, j'ai étudié à l'université de Londres. De 1940 à 1942, j'ai été préposé aux recherches en chimie à la *Charles E. Frosst and Company* à Montréal. De 1942 à 1945, j'ai fait partie de l'armée canadienne et j'étais attaché au laboratoire de la guerre chimique à Ottawa. De 1945 à 1947, j'ai été rattaché à l'entreprise d'énergie atomique du Conseil national de recherches à Chalk River. J'ai été professeur de biochimie à l'université de Toronto

de 1947 à 1957. Depuis 1957, je suis directeur de la division de biologie et de radiophysique médicale et sanitaire à l'AECL à Chalk River.

Je n'ai pas de déclaration à faire. M. Gray en a fait une qui figure au rapport relatif à la sécurité et à l'élimination des déchets à l'entreprise de l'AECL. A l'appendice 5 de ce même compte rendu figure un exposé du travail de la division de la biologie et de la radiophysique médicale et sanitaire. A la page 36 du fascicule 19 du compte rendu, on trouvera un résumé de la causerie que j'ai donnée lorsque votre Comité est venu visiter l'établissement de Chalk River. Je ne crois pas avoir d'autre exposé à faire, mais je répondrai volontiers aux questions.

M. BEST: Cet article de M. Butler m'a tout particulièrement intéressé. J'y relève certaines recommandations ou, du moins, des observations qu'il nous a également faites à M. Aiken et à moi-même, lorsque nous sommes allés à Chalk River il y a 18 mois environ. Il s'agit là de travaux supplémentaires et de recherches plus poussées dans les domaines biologiques visés par la radiation. Monsieur Butler, vous avez parlé d'autres dangers, soit de deux en particulier, celui du béryllium et du tritium. Vous avez également parlé du manque de travaux sur les effets biologiques des radiations, en disant que le Canada devrait peut-être jouer un rôle plus important à l'égard de ces études. Nous préciseriez-vous ce que vous voudriez qu'on fasse sous ce rapport? Quels autres travaux de recherche votre groupe pourrait-il entreprendre et quels seraient les besoins? Il faudra, je suppose, dépenser de l'argent à cet égard. Comment serait-il possible de l'obtenir, selon vous? Que faudrait-il faire? Je suis certain que le Comité s'intéresse à cette question et vous écoutera avec sympathie. Nous voudrions savoir comment nous pouvons vous aider.

M. BUTLER: J'aurais un exposé à faire à ce sujet. Bien des Canadiens sont d'avis qu'il faut faire encore tant et plus de recherche fondamentale sur les effets biologiques des radiations ionisantes. Et voici une des raisons pour lesquelles ils pensent ainsi. A supposer qu'on dispose des meilleures opinions possibles quant aux effets que les retombées peuvent avoir sur les Canadiens et qu'on réunisse les opinions de tous les spécialistes en la matière, on découvrirait que ces opinions varient de zéro à trois mille quant au nombre de personnes susceptibles de souffrir des retombées au cours des soixante-dix prochaines années. C'est dire toute l'incertitude qui règne quant aux effets biologiques que l'on peut prévoir. Ceux de nos citoyens qui connaissent le domaine à fond travaillent à de telles estimations depuis nombre d'années. A l'automne de 1958, le groupe qui s'occupe de la protection contre le rayonnement et des traitements, au sein du Conseil de recherche pour la défense, est arrivé à la conclusion que nous avons encore beaucoup de travail à accomplir au Canada. De son côté, le Comité consultatif du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social sur les effets des radiations est arrivé à la même conclusion. A la fin de 1958 et au début de 1959, l'Institut agricole du Canada a conclu sensiblement la même chose et a écrit au premier ministre, M. Diefenbaker, pour lui recommander de faire entreprendre une étude intense du sujet. Depuis lors, soit l'an dernier, la Société de génétique du Canada s'est donnée un comité qui, après étude de la question, a constaté que nous devons nous occuper beaucoup plus intensément des effets biologiques que peuvent avoir les radiations, notamment du point de vue génétique. Elle a recommandé au Conseil national de recherches de confier à un comité associé l'étude des effets biologiques des radiations, ce que le Conseil a fait. Ce dernier groupe a trouvé, lui aussi, que beaucoup plus de recherche s'impose dans ce domaine. Il a formulé des recommandations au sujet du complément de travail qu'il faut accomplir, en disant qu'il faut faire deux choses. En premier lieu, les universités doivent former des hommes de science et, en second lieu, nous devons posséder un institut central qui se consacrerà à l'étude des problèmes vastes et complexes que présente le domaine et tout particulièrement à celles des effets à long terme de faibles intensités d'irradiation reçues sur de longues périodes de temps. Ces études ne conviennent pas la plupart du temps aux laboratoires d'université. C'est pourquoi le comité a préconisé la création d'une institution centrale.

Lorsque j'ai adressé la parole au Comité à Chalk River, on m'a demandé si nous avons besoin de plus d'argent et si nous voulions élargir notre programme sous ce rapport. J'ai répondu que, à mon avis, nous faisons notre part en servant de base aux travaux biologiques relatifs à la production d'énergie nucléaire et que l'élargissement doit se faire ailleurs au Canada, soit de préférence aux termes d'une entente quelconque qui interviendrait avec une université, où l'on pourrait non seulement effectuer de la recherche mais en même temps former des chercheurs. Le D<sup>r</sup> Stewart vous le dira comme moi, lorsque nous voulons recruter du personnel nous trouvons rarement des candidats qui aient de l'expérience en biologie radiologique. Nous devons engager des hommes de science et former nos propres spécialistes en radiobiologie.

M. BEST: Si ce besoin existe, comment les universités doivent-elles s'y prendre pour le combler? Puisque tant de groupes de personnes compétentes ont constaté le besoin, êtes-vous d'avis qu'il faudrait adjoindre un centre comme celui-là à une, deux ou trois universités de par le Canada et lui confier ces études en tant que spécialité? Où faudrait-il placer un tel centre pour les études de plus grande envergure?

M. BUTLER: C'est le comité associé du Conseil national de recherches qui a recommandé l'institution du centre, en disant que ce devrait être un laboratoire central relié de quelque façon à une université. Quant à l'endroit, je ne voudrais pas me prononcer si ce n'est pour dire qu'il lui faudrait un milieu convenable.

M. BEST: Pensez-vous à un laboratoire de l'État qui travaillerait de concert avec une université?

M. BUTLER: On m'a demandé ce que les universités pourraient accomplir. Dans ce domaine, toute la difficulté semble être d'ordre administratif. Je ne connais pas de sujet à propos duquel il règne une unanimité plus complète quant aux besoins.

M. BEST: Alors, pourquoi ne le réalise-t-on pas?

M. BUTLER: Vous avez raison de poser cette question et j'aimerais bien la poser moi-même à quelqu'un d'autre. Il faudrait, semble-t-il, quelqu'un qui assumerait une responsabilité bien nette et réaliserait cette institution. Cela ne s'est pas fait jusqu'ici.

M. BEST: Selon vous, la tâche revient-elle à la Santé nationale et au Bien-être social, au Conseil national de recherches ou à la Commission d'énergie atomique? Faudrait-il que l'une de ces institutions s'associe aux universités?

M. BUTLER: Toutes trois ont un intérêt primordial dans cette question. Le Conseil de recherches pour la défense s'y intéresse d'ailleurs tout autant que le Conseil national de recherches.

M. BEST: La difficulté semble résider dans la façon de s'y prendre.

M. BUTLER: C'est une question de détails.

M. PITMAN: Monsieur le président, j'ai une question à poser sur le sujet auquel M. Best s'est arrêté.

Existe-t-il un règlement qui impose à l'industrie une façon d'utiliser les matières radioactives? Comme vous le savez, nous avons tous ressenti de l'inquiétude au sujet du cas qui s'est présenté à Toronto et dont M. Churchill a parlé ce matin. Avez-vous l'impression que l'industrie s'occupe des matières radioactives comme elle le doit? Y a-t-il des exigences qu'elle doit respecter à cet égard?

M. BUTLER: Vous ne parlez plus de la recherche, mais des règles relatives aux dangers dus à l'irradiation.

M. PITMAN: Si je comprends bien, c'est là que doit aboutir la recherche.

M. BUTLER: L'aboutissement de la recherche, au sens où vous l'entendez, supposerait que nous ayons suffisamment de personnes pour s'occuper de ce problème. Il

existe des règles très satisfaisantes relativement aux dangers industriels qui peuvent résulter de l'irradiation.

M. PITMAN: Même en ce qui concerne l'emmagasinage des matières ?

M. BUTLER: Oui.

M. PITMAN: Et le fait qu'on peut interdire à quiconque de s'approcher de ces matières ?

M. BUTLER: Oui.

M. PITMAN: En d'autres termes, on n'avait pas appliqué le règlement à Toronto.

M. BUTLER: J'ignore ce qui s'y est passé. Je n'en connais que ce que j'ai lu dans les journaux. Je voudrais connaître le fond de l'histoire avant de dire ce que j'en pense.

M. PITMAN: Au point où nous en sommes, personne ne peut faire la tournée des établissements industriels pour s'assurer qu'on y respecte le règlement.

M. BUTLER: Oui, le D<sup>r</sup> Leppard et son personnel du ministère de la Santé de l'Ontario ne font que cela.

M. PITMAN: Croyez-vous qu'il devrait y avoir plus de spécialistes qui pourraient se charger de ce travail ?

M. BUTLER: Nous pourrions certainement employer plus de personnes qui possèdent une formation en ce domaine.

M. PITMAN: Existe-t-il au Canada des universités qui forment des spécialistes comme ceux dont vous avez parlé, le D<sup>r</sup> Stewart et vous-même ?

M. BUTLER: Je ne puis parler que de l'université que je connais le mieux, c'est-à-dire l'université de Toronto. Je sais qu'il existe là un début de formation. On y fait de la recherche et de l'enseignement en ce domaine dans quatre départements environ; c'est un début.

Le PRÉSIDENT: Avez-vous d'autres questions à poser, monsieur Best ?

M. BEST: Oui. Vous avez parlé d'administration dans cet important secteur de la radiobiologie en disant que c'est là la clé du problème et ce qui explique que les groupes ne peuvent progresser. Pourquoi en est-il ainsi ? Est-ce une question de matières, de manipulation de ces matières ou d'exigences quelconques ? Pourquoi les universités hésiteraient-elles à constituer un groupe, une partie de département ou une division qui se consacrerait à ce domaine intéressant qui, soit dit en passant, intéresse aussi beaucoup le public ?

M. BUTLER: Je ne connais pas toutes les difficultés qui se présentent, mais je puis vous en énumérer quelques-unes.

La difficulté que rencontrent les services de l'État — je parle maintenant de la recherche fondamentale et non de la recherche appliquée ou d'ordre pratique — c'est que nombre de services sont chargés d'une tâche bien définie et doivent rendre un service précis. Le Conseil de recherches pour la défense a une responsabilité du côté de la défense; le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social veille sur l'hygiène publique; le ministère de l'Agriculture s'occupe du domaine qui lui est propre, et ainsi de suite. Il s'agit ici de recherches dont l'objet n'est pas défini, de recherche qui n'a pas d'objet pratique dans l'immédiat, si ce n'est celui de permettre la formation du personnel. Nous ne pouvons toutefois prévoir l'usage que nous en ferons.

M. BEST: Une partie de votre personnel ne se consacre-t-elle pas à des travaux de longue haleine en recherche pure ?

M. BUTLER: En effet.

M. BEST: Une ou deux...

M. BUTLER: Un de nos services se consacre exclusivement à la recherche fondamentale.

M. BEST: Vous ne croyez pas qu'il serait nécessairement indiqué d'élargir ce service pour l'instant ?

M. BUTLER: Je crois que le service est assez considérable pour les besoins de l'AECL à Chalk River. Je crois que le pays y gagnerait à instituer un programme plus large ailleurs.

M. BEST: Pourrait-il s'agir d'un service de l'AECL qui serait rattaché à une université ?

M. BUTLER: Je devrais m'en informer auprès du président.

M. BEST: Je cherche en ce moment à obtenir des propositions bien concrètes.

M. BUTLER: Autant que je sache, l'AECL ne s'est jamais engagée dans ce sens.

M. BEST: L'obtention et l'utilisation des matières requises, par exemple, ne seraient pas trop difficiles ?

M. BUTLER: Pas du tout.

Le PRÉSIDENT: Aimeriez-vous qu'une université bien établie, peu importe laquelle, donne suite à ce projet ?

M. BUTLER: Oui, si elle avait les moyens de bien accomplir le travail. Ce serait une entreprise assez coûteuse, c'est-à-dire de celles que les universités n'entreprennent pas normalement.

Le PRÉSIDENT: Mais vous croyez que ce serait important pour une telle entreprise?

M. BUTLER: Oui.

M. BEST: Voulez-vous continuer, monsieur Butler ? Vous dites dans le dernier alinéa de votre mémoire, à la page 40 du fascicule 19 de notre compte rendu que deux généticiens font presque toutes les études sur les effets génétiques de l'irradiation qui se font au Canada. Se trouvent-ils, les deux, à Chalk River ?

M. BUTLER: Je le crois. M. Unrau travaillait à l'université d'Alberta, mais malheureusement il est mort le printemps dernier.

M. BEST: Pouvez-vous nous parler brièvement des programmes à long terme de ces deux généticiens ? Pouvez-vous nous donner des précisions à ce sujet ? La population du Canada est-elle exposée à une irradiation croissante ? Avez-vous quelque chose à ajouter au sujet des domaines auxquels ces chercheurs s'intéressent ?

M. BUTLER: Un d'entre eux, M. James, travaille sur la génétique de la levure et étudie les facteurs fondamentaux qui modifient les microorganismes, c'est-à-dire les changements génétiques que provoque l'irradiation. Nous avons deux chercheurs qui poursuivent des études au-delà du niveau du doctorat, sur la génétique des plantes. M. Newcombe pour sa part, a entrepris une étude de longue haleine sur la génétique humaine en utilisant des machines à calculer pour le calcul des statistiques démographiques, afin d'obtenir des données dans ce domaine sur la population. Il s'agit là, croyons-nous, d'un véritable travail d'exploration. Il s'est attaqué à cette tâche par ses propres moyens il y a nombre d'années, alors que tout le monde lui disait que c'était trop difficile. Cependant, à force de persévérance et d'énergie, il arrive maintenant à des résultats fort intéressants qui ne manqueront pas d'intéresser les chercheurs en génétique humaine, les statisticiens du domaine démographique, les démographes eux-mêmes et d'autres chercheurs. J'ignore à quoi ces études vont aboutir, mais elles ont commencé en tant que recherche pure.

Voilà, à mon avis, un travail de M. Newcombe qui offrira beaucoup d'intérêt d'ordre pratique au Bureau de la statistique, au ministère de la Santé nationale et du

Bien-être social, et à d'autres services. Il a déjà beaucoup retenu l'attention aux États-Unis, en Grande-Bretagne et en Italie.

M. BEST: Y a-t-il là un problème de continuité ?

M. BUTLER: Il n'y en aura pas tant que l'AECL lui assurera son appui. Toutefois, notre programme ayant des proportions assez restreintes, au fur et à mesure que les travaux de recherche aboutissent à des résultats, il tend à s'élargir. La difficulté vient du fait qu'il ne s'accroît pas à un rythme qui pourrait satisfaire l'enthousiasme de M. Newcombe ou de certains de ses collègues.

M. MEILLEUR: Vous croyez cependant que l'expansion ne doit pas être trop considérable dans vos cadres actuels ?

M. BUTLER: Je ne crois pas qu'elle conviendrait à notre organisation actuelle.

M. DRYSDALE: Compte-t-on beaucoup de généticiens qui s'adonnent à ce genre de recherche aux États-Unis et au Royaume-Uni ?

M. BUTLER: Ils en comptent pas mal plus que nous. Voulez-vous des chiffres à ce sujet ?

M. DRYSDALE: Je voulais seulement avoir une idée générale de la situation. Avez-vous des chiffres ?

M. BUTLER: En ce qui concerne la recherche fondamentale sur les effets biologiques de l'irradiation, les États-Unis dépensent 40 millions de dollars pour année. Le Royaume-Uni en dépense 4 millions et le Canada un demi-million. Ces données figurent dans un rapport que M. Newcombe a préparé à l'intention de la Société génétique du Canada et que je déposerai si vous le voulez.

Le PRÉSIDENT: Cela vous convient-il, messieurs ?

Des VOIX: Entendu.

M. BEST: Combien de pages a ce rapport ?

M. BUTLER: Vingt-cinq pages.

M. BEST: Quel en est le titre ?

M. BUTLER: *Effets biologiques de l'irradiation — Rapport d'un comité de la Société de génétique du Canada sur les besoins de recherche en radiobiologie.*

M. BEST: Pouvons-nous faire imprimer ce rapport en appendice ?

Le PRÉSIDENT: Oui, car il est très important.

M. BUTLER: Il a paru dans le *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, Vol. III, n° 1, mars 1961.

Le PRÉSIDENT: Le Comité est-il d'accord pour que nous versions ce rapport au compte rendu ?

Des VOIX: D'accord.

M. DRYSDALE: Vous nous avez donné les montants qui se dépensent aux États-Unis et au Royaume-Uni, mais combien de savants s'y consacrent à la radiogénétique ?

M. BUTLER: Un rapport émanant du Sénat des États-Unis donne une estimation du nombre de personnes qui s'adonnent à cette recherche et des sommes qui se dépensent dans tous les pays du monde dont il a été possible d'obtenir des renseignements. Ce document répondrait à votre question.

M. DRYSDALE: Je voulais voir un peu comment votre avancé, à savoir que la situation actuelle n'est pas satisfaisante et qu'il nous faut d'autres laboratoires, se rattache à ces chiffres. Je cherchais un indice général.

M. BUTLER: Si vous voulez que je vous trouve le chiffre, je puis le faire. Il se trouve dans ces documents.

M. BEST: Nous attendrons un instant.

M. BUTLER: Le Canada compte trois de ces génétistes, d'après ce rapport, et dépense \$75,000 par an, soit le montant ordinaire de \$25,000 par chercheur.

M. BEST: Vous avez parlé d'un demi-million.

M. BUTLER: Il s'agissait alors de tous les effets biologiques. La question de M. Drysdale ne visait que la génétique. Aux États-Unis, on consacre près de 4 millions de dollars par année aux effets génétiques de l'irradiation. Je ne trouve pas ici les chiffres correspondants pour la Grande-Bretagne: il faudrait que je parcoure tout le rapport.

M. DRYSDALE: S'agit-il là de travail auquel les universités participent?

M. BUTLER: Ce travail s'accomplit grâce à des subventions que touchent les universités qui effectuent des recherches pour le compte de la Commission de l'énergie atomique. Il y en a aussi une partie qui se fait dans les laboratoires de la Commission.

M. DRYSDALE: En parlant du besoin de nouveaux laboratoires, que prévoyez-vous comme situation idéale en ce qui concerne votre propre secteur de l'organisation?

M. BUTLER: Je ne songeais pas à étendre le secteur qui m'intéresse, mais bien à voir se développer le sujet de ma spécialité. Qu'on ne pense surtout pas que je voudrais voir notre service déborder dans les universités.

M. DRYSDALE: Vous avez néanmoins déclaré que le Canada a besoin de plus de laboratoires, c'est pourquoi j'ai voulu rattacher cette déclaration au sujet dont vous traitiez. Peut-être ne me suis-je pas bien fait comprendre. Pourriez-vous éclairer le Comité en lui indiquant l'expansion de l'ensemble des installations de laboratoires que vous tenez pour nécessaire dans tout le Canada? Croyez-vous que ces laboratoires devraient être rattachés à des universités ou qu'il faudrait établir des laboratoires indépendants?

M. BUTLER: Le comité associé au Conseil national de recherches a recommandé les deux genres d'expansion, et je partage son opinion. Quant à l'ampleur de l'expansion qu'il faut envisager, je dirai que, du point de vue des hommes-années et des dollars que nous dépensons, nous retardons par rapport au Royaume-Uni et aux États-Unis. Le Royaume-Uni nous devance par un facteur de trois environ, selon qu'on se fonde sur le produit national brut ou sur la population, tandis que l'avance des États-Unis par rapport à nous se chiffre par un facteur de dix.

M. BEST: Il semble donc que le Canada, en tant que pays voué à la recherche sur les usages pacifiques de l'énergie atomique et des matières radioactives, pourrait trouver là un domaine qu'il aurait profit à développer de beaucoup?

M. BUTLER: C'est bien ce que nous pensons pour un grand nombre d'entre nous.

M. STEARNS: Savez-vous si le ministère de l'Agriculture prend part à ces études, en ce qui concerne les plantes et les animaux?

M. BUTLER: Oui, il y prend part.

M. BEST: Je viens de parler, monsieur le président, de l'étendue des travaux qui se font aux États-Unis dans le domaine des sciences biologiques et physiques. On en trouve un aperçu dans un ouvrage intitulé *Atomic Energy Research in Life and Physical Sciences*, que la Commission d'énergie atomique des États-Unis publiait en janvier 1961. Les têtes de chapitre en sont assez impressionnantes du point de vue de la variété de domaines qui y font l'objet d'études.

Nous pourrions peut-être, docteur Stewart, vous interroger un peu dans le même sens. Voyez-vous, dans votre spécialité, des secteurs auxquels vous voudriez voir accorder un surcroît d'aide financière, soit à Chalk River soit ailleurs? Peut-être pensez-vous qu'une bonne part des travaux de recherche devraient se faire dans des universités et

dans des écoles de médecine, mais dans votre division, à Chalk River, songez-vous à des travaux qu'il y aurait lieu d'élargir ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Non, nous avons, je crois, un personnel assez nombreux pour nos besoins par rapport au reste de l'entreprise. Pour faire suite à ce que M. Butler a dit au sujet de la quantité globale de recherches, je signale que tôt ou tard nous en aurons terminé avec l'étude de l'être humain et qu'il faudra orienter les travaux du côté des animaux et des autres organismes. Ce genre de recherche, qu'on devrait confier aux universités, contribue à élargir nos connaissances des effets de l'irradiation sur l'être humain.

M. DRYSDALE: Vous ne faites pas d'études sur le cancer ni sur les éléments traceurs ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Nous étudions les traceurs mais non le cancer.

M. DRYSDALE: Avez-vous songé à établir un dispositif de décontamination du personnel près de la pile CANDU lorsqu'elle sera en activité ? Nous diriez-vous également si des appareils de décontamination d'autres genres sont actuellement en service au Canada et s'il serait sage d'en installer dans certains des plus grands hôpitaux, au cas où nous serions exposés à des retombées accidentelles ou à un bombardement nucléaire ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: A ma connaissance, il n'existe au Canada qu'un seul dispositif de décontamination du personnel, celui qui se trouve dans l'hôpital de l'établissement de Chalk River. Je n'en connais que deux autres en Amérique du Nord qui répondent à cette désignation, et tous deux sont installés dans des laboratoires de la Commission d'énergie atomique des États-Unis. Celui de Chalk River a servi de modèle à d'autres, et nous pensons qu'on montera un semblable en Inde.

A la centrale CANDU, c'est l'Hydro qui se chargera d'organiser les services d'hygiène et de santé. Mais la société s'en remettra à nos conseils, et nous allons lui conseiller de monter une telle unité. Je suis donc certain qu'elle établira un centre de décontamination du personnel dans ses bâtiments.

Quant aux grands hôpitaux, aux hôpitaux généraux et aux autres hôpitaux des autres villes, la question est différente. En principe, les installations de décontamination sont utiles, mais advenant le cas où l'on doit tout à coup s'occuper d'un grand nombre de personnes, la tâche devient très difficile lorsque c'est leur linge qui est contaminé. Par conséquent, en dotant un hôpital d'une telle unité, il faudrait, je crois, apporter beaucoup de soin à l'étude de la circulation et du personnel, afin de prévenir les encombrements.

M. DRYSDALE: Quels éléments de la décontamination du personnel entraîneraient un supplément de dépenses pour les autres hôpitaux ? En d'autres termes, ces hôpitaux pourraient-ils se donner des unités distinctes qui pourraient servir à des fins de pratique générale mais devenir facilement disponibles advenant un désastre quelconque ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: La chose est facilement réalisable. Ces installations n'entraînent pas beaucoup de frais, car le matériel en est peu coûteux. En principe, une unité comme celle-là doit se placer dans une partie isolée de l'hôpital et de telle façon que les gens puissent y accéder facilement. Elle doit être munie d'un personnel bien entraîné pour résoudre les problèmes de contamination normaux.

M. DRYSDALE: Puisque vous avez parlé du personnel, nous diriez-vous si on a prévu des programmes de formation en matière de décontamination, à l'intention du personnel dans les autres hôpitaux du Canada ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Nous en avons un, en tout cas, à Chalk River. Au moins une fois par année, parfois deux, nous donnons des cours de radiophysique médicale et sanitaire; c'est une entreprise commune de la Division de biologie et d'hygiène nucléaire.

Nous y recevons différentes personnes de diverses sociétés, et nous tâchons de leur enseigner comment se servir d'un centre de décontamination du personnel.

M. DRYSDALE: Cette formation coûte-t-elle très cher et est-elle très longue ? Ou, si vous voulez, avons-nous à l'heure actuelle, dans diverses parties du Canada, soit en particulier dans les grandes villes, assez de travailleurs pour s'occuper d'une contamination soudaine ? Possédons-nous, dans tout le Canada, un fort contingent de personnes entraînées dans cette technique ? Vous voudriez, j'en suis certain, voir élargir les moyens d'enseignement à Chalk River, afin de pouvoir répandre ces connaissances.

Le D<sup>r</sup> STEWART: Je serais enchanté, bien sûr, de voir élargir les moyens de formation, mais il n'est pas indispensable que ce soit à Chalk River. Par exemple, le cours de radiophysique médicale et sanitaire a débuté en tant que cours supplémentaire dans le département d'hygiène de l'université de Toronto, et il s'adressait à ceux qui se spécialisaient en hygiène industrielle. Il s'est peu à peu développé au point d'attirer des ingénieurs, des chimistes et d'autres chercheurs.

Le PRÉSIDENT: La protection civile s'est-elle déjà occupée de la question ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Oui.

Le PRÉSIDENT: Je vois là un domaine au sujet duquel vous pourriez peut-être nous donner votre opinion, à moins que M. Laurence ou quelqu'un d'autre nous en parle.

M. BEST: A mon avis, le président a soulevé une question très intéressante. Existe-t-il un mode normal de communication avec l'OMU ou d'autres organismes de protection civile ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Notre intermédiaire officiel est le Conseil de recherches pour la défense. L'OMU et les services d'hygiène de la protection civile peuvent demander conseil à cet organisme et, pour ce qui a trait au secteur qui nous intéresse en ce moment, les demandes nous seront déferées. Nous sommes ainsi en contact direct avec la protection civile à Ottawa aussi bien qu'à Chalk River.

M. STEARNS: Abstraction faite d'une explosion ou d'un bombardement, ne pensez-vous pas que les premiers signes de contamination se révéleront dans les plantes et les animaux qui se trouveront dans le voisinage des réacteurs actuels ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: M. Butler saurait mieux que moi répondre à cette question, puisqu'il dirige un groupe d'étude du milieu.

M. STEARNS: Voulez-vous nous parler de cette question, monsieur Butler ?

M. BUTLER: Volontiers. Nous surveillons constamment les environs de Chalk River, et nous avons maintenant étendu notre travail au nouveau réacteur NPD. En plus de prélever des échantillons sur les animaux, nous exerçons une surveillance dans un rayon d'environ cinq milles autour des usines. Nous sommes prêts à faire davantage au besoin, mais nous avons eu beau chercher depuis un certain nombre d'années, nous n'avons pu rien trouver d'autre que du rayonnement parasite normal, attribuable à des essais d'armes.

M. McILRAITH: Vous examinez parfois l'eau des cours d'eau, paraît-il ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Oui, constamment.

M. McILRAITH: Et la matière vivante qui s'y trouve ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Oui.

M. McILRAITH: Y avez-vous trouvé quelque chose ?

M. BUTLER: Nous analysons l'eau. Vous voulez parler de l'Outaouais, n'est-ce pas ? Nous faisons des analyses à Deep River, près de l'usine à Chalk River et à environ trois endroits en aval, c'est-à-dire jusqu'à Pembroke qui se trouve à 20 milles de là. En résumé, nous trouvons à Deep River une concentration en strontium-90 de un

micromicrocurie par litre, soit un millionième de millionième de curie, et nous ne parvenons pas à enregistrer de différence à Pembroke, c'est-à-dire que la concentration reste toujours de un micromicrocurie par litre. Nous n'arrivons pas à déceler de différence dans la rivière.

M. McILRAITH: Il s'agit là de l'aval, n'est-ce pas ? Que trouvez-vous en amont ? Les mêmes résultats ?

M. BUTLER: En amont comme en aval, c'est toujours un micromicrocurie par litre.

M. McILRAITH: Examinez-vous l'eau de la rivière constamment ?

M. BUTLER: Nous en prélevons des échantillons une fois la semaine.

M. McILRAITH: Vous faites aussi des essais sur la faune, n'est-ce pas ?

M. BUTLER: Nous examinons les plantes, les vairons, les sédiments du fond et le gros poisson.

Le PRÉSIDENT: Docteur Stewart, d'après votre déclaration au sujet de la décontamination, qui est assez inquiétante, il n'existe pas vraiment au Canada d'organisme capable de se charger de la décontamination, n'est-ce pas ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Vous pensez à un désastre national ? Le groupe qui pourrait le mieux s'occuper d'une telle situation serait celui de la protection civile.

Le PRÉSIDENT: C'est justement pour cette raison que je vous ai interrogé au sujet de la protection civile il y a un moment. Si l'organisme a demandé des renseignements et s'il est prêt à suivre les directives qu'on lui a données, est-ce les moyens qui lui font défaut ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: L'organisme a demandé des renseignements, il a reçu des directives et il dispose de certains moyens à Arnprior. J'ignore s'il en possède à Ottawa. La protection civile compte donc un certain nombre de personnes entraînées, mais je ne sais combien.

M. ROBINSON: Si je comprends bien, le ministère de la Défense nationale possède une organisation dans tout le Canada. Je me souviens d'avoir assisté à des réunions l'an dernier.

Le PRÉSIDENT: Vous voulez dire à Ottawa ?

M. ROBINSON: On y expliquait les différentes pièces de matériel qu'on possédait.

Le PRÉSIDENT: Le D<sup>r</sup> Stewart vient de dire qu'on dispose de certains moyens ici, à Ottawa.

Le D<sup>r</sup> STEWART: J'ignore s'il existe quelque chose à Ottawa, mais je sais que le Collège de la protection civile, à Arnprior, dispose d'installations d'instruction.

M. STEARNS: Monsieur le président, croyez-vous qu'il serait possible et opportun, à quelque moment de nos délibérations, de faire venir des dirigeants de la protection civile pour obtenir la réponse à la question que nous avons posée ? Ne s'agit-il pas là d'un secret ?

M. BEST: Au cours d'une autre session, peut-être.

M. McILRAITH: J'espère qu'il s'agira d'une question bien précise.

Le PRÉSIDENT: Je n'entends pas grand-chose à ce propos. J'espère, monsieur Stearns, que vous ne m'en voudrez pas de faire ici la sourde oreille.

M. BEST: Puis-je poser une question au D<sup>r</sup> Stewart au sujet d'un domaine connexe ? C'est une question d'ordre général. Bien des Canadiens ont l'impression que les opinions des savants sont très variées quant aux effets possibles des radiations sur les humains. Parlons de l'éventualité d'une guerre nucléaire ou des effets à long terme d'une telle guerre ou même des résultats d'expériences faites dans diverses parties du

monde. Il paraît y avoir divergence de vues ou en tout cas une différence d'opinion très marquée entre les savants et les techniciens. Peut-être est-ce une question de degré ou d'étendue, mais croyez-vous qu'il existe une grande diversité d'opinions et avez-vous une explication à nous donner à ce sujet ?

M. BUTLER: C'est à moi que vous vous adressez ?

M. BEST: Ma question s'adresse à vous deux.

M. BUTLER: Il serait peut-être préférable que nous répondions tous deux.

M. BEST: C'est un domaine très vaste, un chapitre considérable, mais c'est en même temps une question qui préoccupe fort la population à l'heure actuelle.

Le D<sup>r</sup> STEWART: Puis-je commencer ? En ce qui concerne les doses importantes, dont les effets se feront sentir dans relativement peu de temps (c'est-à-dire par rapport au temps d'expérimentation), nous possédons beaucoup de données au sujet des effets des rayons de grande énergie sur les organismes. C'est dans le secteur des faibles doses, où les effets tardent beaucoup à se faire sentir, que nous avons beaucoup moins de renseignements et au sujet desquelles les divergences d'opinion existent. Au point où nous en sommes, nous tâchons de prévoir, par le truchement d'expériences faites sur des organismes autres que des organismes humains et avec des doses plus considérables que celles sur lesquelles nous voudrions avoir des données, quels seront les effets après une longue période. C'est dans ce secteur que se fait la majeure partie des recherches.

M. BUTLER: Vous demandez s'il existe vraiment une grande divergence d'opinion, à quoi je réponds que oui. Mais la tendance qui existe est plus variée encore. Nous sommes bien renseignés sur les niveaux de rayonnement auxquels les humains sont exposés; il en est probablement question quelque part dans ce rapport. Des causes naturelles exposent l'homme à 100 milliroentgens par année. L'usage médical des rayons X expose la population d'Amérique du Nord à 100 milliroentgens par année en moyenne et l'ensemble des retombées, qui expose l'homme à des rayonnements internes et externes, nous valent de deux à cinq milliroentgens par année. C'est un fait bien connu.

Ces données figurent à la page 42 du fascicule 17 du compte rendu, dans la déclaration de M. Gray. C'est au sujet de l'importance de ces cinq milliroentgens par année qu'on ne s'entend pas. Ainsi que le D<sup>r</sup> Stewart l'a dit, nous ne possédons pas assez de connaissances biologiques solides pour calculer avec exactitude quel serait l'effet de ce rayonnement sur la population. C'est d'ailleurs l'une des raisons que j'ai avancées pour demander plus de recherches en radiobiologie fondamentale.

M. PITMAN: Trouvez-vous qu'il y ait une différence fondamentale d'opinion entre physiciens et biologistes sous ce rapport ?

M. BUTLER: Pas plus qu'il en existe normalement d'un individu à l'autre.

M. PITMAN: Et non en ce qui concerne leur formation ou leur orientation particulière ?

M. MCLRAITH: Le témoin pourrait-il se faire entendre du sténographe ? C'est non que vous disiez, n'est-ce pas ?

M. BUTLER: En effet : il n'existe pas de divergences d'opinions marquées entre chercheurs de disciplines différentes.

M. PITMAN: Il semble y avoir une divergence entre ceux qui travaillent pour le compte du gouvernement et les autres.

Le PRÉSIDENT: Il a parlé de disciplines différentes.

M. PITMAN: Je parle du monde dans son ensemble et non particulièrement du Canada; je pense à ceux qui manifestent le plus d'inquiétude. On aura, par exemple, entendu la remarque fameuse de Bertrand Russel, qui a dit : « Il existe une différence

entre les scientifiques rémunérés et ceux qui ne le sont pas. » Vous ne voyez donc pas de différence entre l'opinion de ceux qui sont au service de l'État et ceux qui ne le sont pas ?

M. BEST: Voilà une précieuse opinion politique.

Le PRÉSIDENT: Quelqu'un d'autre aurait-il une question plus appropriée à poser ?

M. BEST: Puis-je continuer dans le même sens ? Autre sujet qui nous intéresse et qui intéresse d'autres pays, c'est la protection civile. On semble aussi beaucoup différer d'opinion quant à ce qu'il serait possible d'épargner au Canada, à supposer qu'il survienne une guerre et que, sans que des bombes tombent sur notre pays, nous soyons exposés à des radiations. L'opinion des hommes de science semble bien partagée sur la question de savoir s'il vaut la peine de s'efforcer surtout de protéger la plus grande partie possible de la population contre le rayonnement. M. Butler ou le D<sup>r</sup> Stewart aurait quelque chose à dire à ce sujet ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Je ne suis pas sûr d'avoir bien compris votre question. C'est des abris que vous parlez, n'est-ce pas ?

M. BEST: Des abris et de ce qu'il faut faire lorsqu'on en sort et le reste. Certains hommes de science soutiennent que c'est peine perdue, que la vie ne sera plus possible et ainsi de suite. D'autres sont d'avis qu'il est possible de se protéger dans une certaine mesure.

Le PRÉSIDENT: Voulez-vous qu'il vous dise si, à son avis, il importe d'avoir des abris ?

M. BEST: Oui, et qu'il nous parle d'autres aspects du même domaine. Quel genre de protection est-il possible d'avoir ? Je sais bien que tout dépend de la quantité et de la durée du rayonnement, par exemple.

Le D<sup>r</sup> STEWART: Il m'est à peu près impossible de répondre à cette question: il nous faut des chiffres. On peut se protéger contre les radiations au moyen d'un écran, mais le degré de protection tient à plusieurs choses. Il dépend de la quantité de radiations de grande énergie et de l'efficacité de la matière dont on se sert pour se protéger; c'est pourquoi il faut tenir compte de ces facteurs.

On a fait certaines estimations et divers travaux ont été publiés au sujet des explosions nucléaires. Mais ce n'est pas là mon domaine. Étant donné les quantités d'énergie libérées par une telle explosion, il est assez facile d'abriter les humains de façon à les protéger durant un certain temps après l'explosion dans les régions des retombées.

Le PRÉSIDENT: Vous parlez des abris ordinaires ?

M. BUTLER: Oui, lorsque ces abris sont bien conçus et munis d'un écran protecteur suffisant pour protéger contre le niveau d'énergie et la quantité de radiation.

Le PRÉSIDENT: Puisque vous en parlez, existe-t-il quelque genre d'abri qui soit approuvé ? Je ne parle pas d'un abri à l'épreuve des bombes, mais du genre que vous venez d'évoquer.

Le D<sup>r</sup> STEWART: Autant que je sache, il n'y a pas d'abri officiellement approuvé au Canada.

Le PRÉSIDENT: Un abri de tôle ondulée, de 10 sur 10, placé quelque part dans le sous-sol ou la cour, mettons une tôle de calibre 10 ou 18, serait-il efficace ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Non, la tôle de cette épaisseur est pour bien dire, inutile.

Le PRÉSIDENT: Quelle devrait en être l'épaisseur ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Il faudrait une plaque d'acier de quelques pouces d'épaisseur.

M. BUTLER: Une règle simple qu'on peut appliquer, c'est que 10 pouces de béton ou de sable bien tassé donnent une protection d'environ 10.

Le PRÉSIDENT: Je songe à ce qu'on utilise aux États-Unis. Il y existe des abris en tôle ondulée, de calibre 8, 10 ou 12 et d'environ un pied de sable.

M. BUTLER: C'est le sable qui assure la protection.

M. BEST: Les abris mis en démonstration un peu partout au Canada ont-ils un indice de protection d'environ 100 ?

M. BUTLER: Si on les aménage suivant les exigences du gouvernement, ils sont censés avoir un indice de 100. Si l'on reçoit 100 roentgens à l'heure et qu'on descende dans l'abri du sous-sol, on ne recevrait plus qu'un roentgen à l'heure.

Le PRÉSIDENT: Établissons bien ceci. Prenons par exemple l'abri de tôle ondulée dont j'ai parlé. Supposons qu'il soit couvert d'environ un pied de sable, et placé dans le sous-sol. Y serait-on encore exposé au rayonnement ?

M. BUTLER: Oui, mais à un moindre degré.

Le PRÉSIDENT: Nous expliqueriez-vous maintenant ce qui se passerait à l'extérieur par rapport à l'intérieur de l'abri ?

M. BUTLER: Vous voulez dire les niveaux comparables qui existeraient à l'extérieur et à l'intérieur ?

Le PRÉSIDENT: Les effets qui en résulteraient pour la personne humaine. Dites-nous, en langage que nous pouvons comprendre, quelle protection lui serait assurée ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: M. Butler vous a donné un indice que je crois essentiellement juste, soit un coefficient de protection de 100.

Le PRÉSIDENT: Qu'est-ce à dire pour nous ? Nous ne sommes que des profanes.

Le D<sup>r</sup> STEWART: Si une personne restait à l'intérieur de l'abri durant deux semaines et qu'il y ait 10,000 roentgens à la surface du sol, elle en recevrait 100 à l'intérieur de l'abri.

M. BUTLER: Dehors, ce serait la mort, dans l'abri on pourrait survivre.

Le PRÉSIDENT: Durant combien de temps ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Avec 100 roentgens, la survivance est assurée.

M. BEST: Est-ce là environ la moitié de la dose naturelle que nous recevons en une année ?

M. BUTLER: C'est environ 1,000 fois ce que nous recevons en une année de sources naturelles. Cent roentgens équivalent à 1,000 fois la quantité de radiation naturelle qui nous atteint en une année.

M. BEST: Une certaine protection étant assurée, à supposer qu'elle soit possible, le problème vous semble-t-il se ramener à une question d'approvisionnement en nourriture ou en eau, si l'on parvient à protéger la personne.

Le D<sup>r</sup> STEWART: C'est là, bien sûr, une grande partie du problème. Il faudrait aussi soutenir le moral à l'intérieur de l'abri, régler le problème des maladies, y compris les troubles d'ordre psychogénique. Ce sont là des problèmes humains.

M. BEST: Sauf erreur, la Rand Corporation a effectué une étude assez détaillée sur les possibilités de guerre atomique et sur les abris et a tâché de prévoir le nombre de personnes qu'il serait possible de sauver. Auriez-vous quelque ensemble de renseignements sûrs à recommander dans ce domaine ? Un certain nombre de comités des États-Unis et d'ailleurs ont, paraît-il, examiné la question ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Je ne pense pas pouvoir vous recommander un volume complet sur la question. Les données que je possède, je les ai recueillies ici et là, de sources officielles et privées, et la plupart viennent des États-Unis.

M. BUTLER: On a publié aux États-Unis un rapport du Congrès qui s'intitule *The Effect on Man of Fall-Out From Nuclear Weapons*. Des documents que je connais, c'est celui qui fait le plus autorité.

Le D<sup>r</sup> STEWART: On y examine bien des questions en plus du problème des abris. Il contient une grande somme de matière.

M. BEST: Pourriez-vous nous résumer votre façon de voir à ce sujet? Il s'est peut-être trouvé des savants pour crier à l'impuissance et nier l'efficacité de toute tentative à cet égard. Vous ne seriez pas d'accord, semble-t-il, pour trouver qu'une telle protection est impossible ou même très difficile. Vous croyez que certaines mesures auraient de bons effets dans certaines circonstances, n'est-ce pas?

M. BUTLER: Si l'on veut bien me permettre de répondre, je dirai que, personnellement, je suis en faveur des mesures destinées à assurer la survivance. Certains ne semblent pas partager cet avis. C'est une question d'opinion personnelle. Pour ma part, j'opte pour les mesures de survivance.

M. BEST: Nous sommes très heureux que ces paroles figurent au compte rendu.

M. LAURENCE: N'est-ce pas là plus ou moins une question de tempérament?

M. BEST: C'est fort possible, monsieur Laurence. Toutefois, comme le président l'a fait remarquer, la plupart d'entre nous ne sont pas versés dans ces questions et, en tant que représentants du peuple, nous sommes assaillis de questions partout au Canada et l'on nous signale la grande divergence d'opinions qui règne parmi les savants. Un groupe de ces derniers prétend qu'il n'y a rien à faire et que nous ne devons pas essayer de faire quoi que ce soit. Que faut-il leur répondre? Je suis d'avis que c'est là une attitude des plus défaitiste, c'est pourquoi je veux obtenir des renseignements. Je crois que c'est en effet affaire de tempérament, mais c'est certainement aussi affaire de connaissances et de renseignement.

Le PRÉSIDENT: Avec la permission du Comité, je voudrais revenir sur une question. A quels organismes fournit-on des matières radioactives au Canada? Je me reporte par exemple à ce qui s'est passé à Toronto. Ces matières ont été obtenues quelque part. Comment les a-t-on obtenues?

Le D<sup>r</sup> STEWART: La question doit, je crois, être posée à la Commission de contrôle de l'énergie atomique, parce que c'est elle qui délivre les licences.

Le PRÉSIDENT: Les membres de la Commission pourraient nous dire qui, au Canada, obtient des matières radioactives?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Et aussi dans quelles conditions et quelles quantités sont accordées.

M. BUTLER: Dans le cas de Toronto, je crois que les matières ont été obtenues avant que la Commission de contrôle de l'énergie atomique existe.

M. PITMAN: Les intéressés seraient-ils alors assujettis aux exigences, si les matières ont été obtenues avant l'entrée en vigueur du règlement?

M. BUTLER: Il vaudrait mieux poser la question aux représentants de la Commission.

M. PITMAN: Nous n'y manquerons pas.

Le D<sup>r</sup> STEWART: Puis-je revenir à la question de M. Best? Ce qu'il faut retenir au sujet des abris, c'est qu'il est techniquement possible d'assurer à l'homme un haut degré de protection dans un milieu atteint par les retombées radioactives, à condition

d'avoir un abri bien conçu; comme M. Butler l'a signalé, il peut permettre de sauver des vies.

Le PRÉSIDENT: Ce pourrait être un abri peu dispendieux ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: En effet.

M. BEST: Je voudrais que nous puissions en convaincre un plus grand nombre.

Le PRÉSIDENT: Nous convenons tous, je pense, que c'est là un sujet qui préoccupe tout le monde et auquel tous s'intéressent. Je voudrais que nous l'examinions et j'ai l'impression que c'est ce que nous avons fait aujourd'hui en termes que l'homme moyen peut comprendre.

M. PITMAN: Les témoins nous diraient-ils s'ils ont eu connaissance qu'un grand nombre de personnes se construisent des abris, ou sont-ils d'avis qu'on ne s'y intéresse pas beaucoup ? Combien de personnes possèdent des abris ? Dans ma municipalité, par exemple, personne n'a manifesté le désir de se construire un abri et l'Organisation des mesures d'urgence n'a reçu aucune demande.

Le PRÉSIDENT: Peut-être faudrait-il poser cette question à quelqu'un d'autre. Je ne pense pas que les témoins soient en mesure de répondre.

M. PITMAN: Ils ont peut-être eu connaissance de certains renseignements à ce sujet.

Le PRÉSIDENT: Des offres d'emploi pour les construire, par exemple ?

M. PITMAN: Ce n'est pas du tout le domaine auquel je pensais.

M. BUTLER: Nous n'avons rien à voir aux abris. Ce n'est pas notre domaine.

M. STEARNS: Si je passais quelque temps dans mon abri, pourrais-je espérer qu'une pluie abondante éliminerait toutes les particules de retombées qui pourraient s'être logées dans mon jardin ?

M. BUTLER: Elle en éliminerait une certaine partie.

M. STEARNS: Une partie suffisante ?

M. BUTLER: Je ne saurais dire : tout dépend de la quantité qui s'y trouvait tout d'abord.

Le PRÉSIDENT: M. Mackenzie et ses collaborateurs ne seraient-ils pas mieux placés pour répondre à cette question au sujet des dangers dus à l'irradiation ?

M. LAURENCE: Nous sommes des spécialistes quant aux effets de l'irradiation.

M. BEST: M. Drysdale signale qu'étant donné ses pluies abondantes, la Colombie-Britannique serait sans doute l'endroit le plus sûr.

M. DRYSDALE: Je crois qu'il vaudrait mieux rentrer chez nous.

Le PRÉSIDENT: Bien des gens y vont mourir, en tout cas.

M. DRYSDALE: Tout dépend du temps qu'il y fait.

M. LAURENCE: C'est M. Best, je crois, qui a signalé les divergences de vues qui existent chez les savants au sujet des effets biologiques des radiations. C'est là, il va sans dire, une question qui intéresse les spécialistes en ce domaine. Je ne suis pas biologiste mais j'ai été mêlé à ces savants. J'ai remarqué que toujours, en dépit de ces grandes divergences d'opinions, lorsqu'il s'agit des effets de très faibles doses de radiations, les spécialistes parviennent à s'entendre au sujet d'un niveau de sécurité. Si je fais cette remarque, c'est que je suis parfois troublé en lisant dans les journaux une déclaration qui revient si souvent : « Ah, même les spécialistes ne le savent pas. » C'est insinuer que, s'il y a diversité d'opinions, les savants ne sont pas sûrs de leur science. Ceux-ci ne peuvent se prononcer sur les effets précis de très faibles irradiations, mais ils peuvent nous dire avec beaucoup d'assurance, à mon avis, quel est le niveau de sécurité. Voilà, je crois, une distinction qu'il importe de faire en ce moment.

M. PITMAN: Vous avez dit le niveau d'irradiation qui ne présente pas de danger ?

M. LAURENCE: En effet.

M. PITMAN: Alors, ce serait même une question d'effets génétiques.

M. LAURENCE: Par effets, j'entends ceux des faibles radiations comparativement à celles qui se produisent naturellement.

M. BEST: Vraisemblablement, en se rapportant au coefficient de sécurité.

Le PRÉSIDENT: Docteur Stewart, et monsieur Butler, vos observations de cet après-midi auront tant et plus de lecteurs, à mon avis, et je crois qu'elles le méritent car vous avez traité d'une question au sujet de laquelle vous vous êtes exprimés de telle façon que l'homme moyen pourra vous comprendre. Il ne se passe pas un jour sans que nous entendions parler des dangers d'irradiation.

Nous ne sommes pas pessimistes et la question que je vais poser n'est pas inspirée par le pessimisme. Le D<sup>r</sup> Stewart a-t-il bien dit que si l'on possède un abri approprié, ne serait-ce qu'un petit abri, on a de bonnes chances de survivre ? La personne qui resterait exposée à l'extérieur n'aurait-elle aucune chance de survivre ? Or, docteur, en tant que spécialiste et peut-être en tant qu'humanitaire, conseilleriez-vous aux gens de prendre des précautions ordinaires ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Qu'entendez-vous par là, monsieur ? Se construire un abri ?

Le PRÉSIDENT: Oui, se construire un abri.

Le D<sup>r</sup> STEWART: Eh bien, quant à moi, je n'en possède pas.

Le PRÉSIDENT: Vous êtes peut-être de ceux qui ne voient pas pourquoi ils s'en construiraient un, mais je dirais que, si l'on est avisé, on s'en construira un, et que si l'on est imprudent, on ne s'en construira pas. Je n'en possède pas non plus, docteur. Mais ce que vous nous dites au sujet des abris nous fait réfléchir.

M. DRYSDALE: J'espère qu'on ne répandra pas partout que vous êtes un imprudent.

Le PRÉSIDENT: Nous avons ici des journalistes fort discrets.

M. BEST: Nous pouvons au moins détacher le problème de la mentalité qui existe relativement aux abris des données fondées sur les faits, à savoir que ces abris peuvent être très utiles. Nous pourrions ensuite établir clairement les faits.

M. STEARNS: Ce que la plupart des gens veulent savoir, c'est ce qu'ils trouveront en sortant d'un abri après y avoir passé un certain temps. C'est ce qui m'a poussé à poser une question au sujet de mon jardin.

M. PITMAN: Au sujet de l'élimination des matières radioactives, croyez-vous que le Canada possède un règlement assez sévère qu'il n'y a pas lieu de nous préoccuper de la question ? Peut-être devrais-je interroger M. Mackenzie à ce sujet.

Le PRÉSIDENT: Oui, et en fait, on a répondu à la question à plusieurs reprises.

M. PITMAN: Je ne crois pas qu'on y ait répondu de ce point de vue particulier.

Le PRÉSIDENT: M. Gray a traité à fond des dangers d'irradiation suscités par les matières radioactives.

M. PITMAN: J'aimerais que ces témoins nous donnent leur opinion en tant que médecins.

M. BUTLER: Je ne suis pas médecin.

M. PITMAN: Excusez-moi. Dans vos domaines particuliers, avez-vous l'impression qu'il y a là un danger pour les Canadiens ?

M. BUTLER: L'élimination des déchets est l'une des responsabilités que j'ai à Chalk River. M. Molson a parlé en détail de notre façon de procéder et a fait voir

des photographies au groupe qui s'est rendu à Chalk River. Le compte rendu renferme des déclarations à ce sujet. Je crois nos précautions suffisantes et, dans les conditions actuelles, je ne vois pas la moindre raison de nous inquiéter. C'est là une des questions qui reçoit une attention particulière chaque fois qu'on aménage une nouvelle entreprise d'énergie nucléaire.

Le PRÉSIDENT: Avez-vous des abris contre les retombées à Chalk River ou à Deep River ?

Le D<sup>r</sup> STEWART: Je n'en connais pas, monsieur.

M. BUTLER: Moi non plus.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, avez-vous d'autres questions à poser ? Nous venons d'entendre des témoins intéressants, qui nous ont fait des déclarations dont nous leur savons gré en tant que profanes. S'il n'y a pas d'autres questions à leur poser, peut-être le Comité voudra-t-il s'ajourner et reprendre ses délibérations mardi prochain pour entendre M. Mackenzie.

M. BEST: Mardi après-midi ?

Le PRÉSIDENT: Cela vous conviendrait-il ?

M. BEST: Qu'on nous permette de remercier le D<sup>r</sup> Stewart et MM. Butler et Laurence d'être venus comparaître.

Le PRÉSIDENT: Merci, messieurs. Je vous demande un instant avant que vous partiez. Au sujet de l'Eldorado, on se souviendra que la Commission des transports aériens effectuait une étude au sujet des transports et examinait certaines offres. Nous devrions, je crois, tâcher de savoir si cette étude est terminée et nous pourrions ensuite la joindre à notre compte rendu. Je ne sais trop comment nous pouvons, en tant que comité, faire une recommandation au sujet de problèmes de transports avant de connaître les résultats de cette étude statistique. Est-ce entendu ?

M. PITMAN: S'agit-il là de l'Arctic Transportation et de la Northern Transportation ?

M. BEST: Puis-je poser une autre question que je voulais soulever si M. Gilchrist était revenu ?

Le PRÉSIDENT: Cela ne dépend pas de M. Gilchrist.

M. BEST: Je puis peut-être la poser comme question distincte et obtenir la réponse sans qu'il compare. Il s'agit de l'attribution ou de l'achat d'uranium pour la pile CANDU. La chose est-elle faite, et si elle l'est, quelle méthode a-t-on suivie ?

Le PRÉSIDENT: Très bien, consent-on à inclure cette question dans le compte rendu d'aujourd'hui afin que M. Gilchrist puisse y répondre ?

M. McILRAITH: Je ne sais trop. Il me semble que nous voulons tous réunir les témoignages et mettre fin à l'enquête. Je me demande s'il ne vaudrait pas mieux réunir toutes les réponses aux diverses questions et voir, une fois que nous les aurons, s'il y a lieu de faire revenir des témoins.

Le PRÉSIDENT: Nous sommes tous convenus, comme l'atteste le compte rendu, que certaines de ces choses, telles que les communiqués et les lettres déjà demandés, soient ajoutés au compte rendu d'aujourd'hui, de même que votre question.

M. McILRAITH: Si nous continuons d'ajouter des questions dont il faudra imprimer les réponses dans le compte rendu, sans avoir vu ni les questions ni les réponses d'avance...

Le PRÉSIDENT: Je sais que c'est difficile.

M. McILRAITH: C'est difficile, en effet, de prendre d'avance cette décision.

Le PRÉSIDENT: Nous voulons, au point où en est la session, éviter de faire comparaître d'autres témoins.

M. MCILRAITH: Je suis d'accord.

Le PRÉSIDENT: Vous avez posé une question afin d'obtenir une réponse de M. Gilchrist, voilà tout.

M. BEST: C'est juste.

M. MCILRAITH: Oui, mais comment répondra-t-il à d'autres questions que nous pouvons avoir à lui poser? J'ai déjà dit que nous devrions commencer par réunir tous les renseignements.

Le PRÉSIDENT: Nous les avons déjà demandés sauf pour cette dernière question.

M. MCILRAITH: Voilà précisément mon objection. Nous décidons maintenant de ne plus appeler de témoins, mais de recevoir leur témoignage sans avoir toutes les données. Je veux bien collaborer et mettre fin aux témoignages, mais je crois qu'il existe une façon plus efficace de résoudre le problème. J'ose donc dire que, si nous devons admettre des questions comme celle de M. Best, je n'y vois pas d'inconvénients, mais que nous devrions commencer par réunir les réponses et les examiner avant de prendre une décision définitive.

Le PRÉSIDENT: Il ne reste qu'une seule question qui n'est pas déjà réglée, celle de M. Best.

M. MCILRAITH: Mais il peut surgir d'autres questions dans les réponses qu'on nous donnera. Je n'en sais rien.

Le PRÉSIDENT: Si le Comité est d'accord, nous verserons la question de M. Best au compte rendu afin que M. Gilchrist puisse y répondre.

Assentiment.

Merci, messieurs. La séance est levée. Nous nous réunirons de nouveau mardi prochain à 2 h. 30 de l'après-midi.

## APPENDICE « A »

TEXTE D'UN COMMUNIQUÉ PUBLIÉ A L'ISSUE DE LA CONFÉRENCE  
DES BERMUDES LE 26 MARS 1957

Les premiers ministres du Royaume-Uni et du Canada se sont réunis aux Bermudes les 25 et 26 mars. M. MacMillan était accompagné du secrétaire au *Foreign Office*, M. Selwyn Lloyd, et M. St-Laurent, de M. C. D. Howe, ministre du Commerce, et de M. L. P. Pearson, secrétaire d'État aux Affaires extérieures.

Au cours de l'entretien, les ministres canadiens se sont dits satisfaits du résultat de la rencontre anglo-américaine des 21 et 23 mars, et tout particulièrement de la déclaration commune qui a été publiée sur les essais nucléaires, en tant que contribution au règlement de ce problème au plan international.

Les ministres ont examiné les dispositions que l'on pourrait prendre en vue d'obtenir des solutions acceptables aux problèmes actuels du Moyen-Orient. Ils ont également passé en revue un certain nombre de questions politiques et économiques qui intéressent la même région, mais de façon moins immédiate.

Ils ont échangé leurs vues sur plusieurs questions relatives à l'Europe et à l'Alliance de l'Atlantique nord. Les ministres canadiens ont manifesté de l'intérêt à l'égard de propositions tendant à rapprocher le Royaume-Uni du reste de l'Europe. Il a été question des conséquences que les projets de marché commun et de zone de libre-échange en Europe auraient pour le commerce du Canada, et l'on a aussi discuté d'autres questions d'ordre commercial et financier qui touchent à la fois le Royaume-Uni et le Canada. Les ministres ont reconnu qu'il importe de renforcer et d'améliorer le fonctionnement des Nations Unies en tant que moyen de sauvegarder la paix dans la justice.

Les représentants ont approuvé un contrat (voir l'annexe ci-après) qui, sur un certain nombre d'années, garantira au Royaume-Uni la fourniture de l'uranium dont il aura besoin pour réaliser le programme d'énergie nucléaire plus considérable que son gouvernement a annoncé récemment.

Une séance particulière a eu lieu au sujet des questions de défense.

Cette dernière réunion a, une fois de plus, montré la valeur des liens de famille qui existent entre les peuples du Commonwealth et de la collaboration étroite et continue qui unit les gouvernements du Royaume-Uni et du Canada. Si, de temps à autre, il peut sembler surgir des divergences dans la façon dont ils réagissent à certains événements internationaux et dans leur façon de les aborder, les deux gouvernements ont confiance que leurs relations particulières leur permettront toujours de travailler ensemble efficacement et dans un esprit positif.

## ANNEXE

Au cours de la réunion, les ministres ont approuvé un important contrat en vue de l'achat d'uranium qui aidera grandement le Royaume-Uni à réaliser son nouveau programme accru en matière d'énergie nucléaire. Aux termes du contrat, l'Administration de l'énergie atomique du Royaume-Uni achètera de l'agence du gouvernement canadien (*Eldorado Mining and Refining Limited*), au cours des cinq prochaines années, pour une valeur d'environ 115 millions de dollars d'uranium, et de son côté l'agence du gouvernement canadien a conclu des contrats d'achat avec des sociétés minières du Canada. Le contrat canado-britannique a été négocié avec la collaboration de la Commission d'énergie atomique des États-Unis et les conditions qu'il renferme ressemblent à celles des contrats en vertu desquels la Commission obtient de l'uranium de l'agence.

Les ministres ont en outre examiné la possibilité d'approvisionner le Royaume-Uni en combustible d'uranium à la suite de cette période de cinq ans et sont convenus que les organismes intéressés doivent poursuivre les pourparlers à ce sujet.

## APPENDICE « B »

Le 18 mars 1957

CONFIDENTIELLE

Monsieur Bennett,

Je vous remercie de la lettre confidentielle que vous m'adressiez le 16 mars pour me mettre au courant des dispositions qu'il est question de prendre en vue de fournir de l'uranium à l'Administration de l'énergie atomique du Royaume-Uni.

J'approuve les dispositions envisagées. Comme vous me l'avez expliqué, que la Commission américaine exerce ou non toute son option, le Canada sera quand même en mesure de fournir les 15,000 tonnes d'uranium à l'Administration du Royaume-Uni, au cours de la période allant du 31 mars 1962 au 31 décembre 1966.

En ce qui concerne le gouvernement, vous pourrez signer ces ententes.

(signature) C. D. Howe.

## APPENDICE « C »

M. GILCHRIST: Le 28 mars, on a demandé quelles étaient les dates des lettres échangées avec le Royaume-Uni au sujet de notre engagement de vendre et au sujet de l'engagement du Royaume-Uni d'acheter les 24 millions de livres d'U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.

Réponse:

|  |                   |
|--|-------------------|
| De l'Eldorado à l'Administration ..... | le 29 mars 1957.  |
| De l'Administration à l'Eldorado ..... | le 18 avril 1957. |
| De l'Eldorado à l'Administration ..... | le 27 avril 1957. |
| De l'Administration à l'Eldorado ..... | le 10 mai 1957.   |
| De l'Eldorado à l'Administration ..... | le 14 mai 1957.   |
| De l'Administration à l'Eldorado ..... | le 27 mai 1957.   |

## APPENDICE « D »

Réponse à la question de M. McIlraith qui figure à la page 13 du fascicule 9

M. GILCHRIST: Je ne sache pas que M. Bennett ait officiellement informé le gouvernement de l'heure que les ententes avec le Royaume-Uni aient été signées, mais la lettre en question (voir l'appendice « B ») montre bien que l'honorable C. D. Howe savait, quelques jours à l'avance, que les ententes étaient sur le point d'être conclues. Dans un mémoire que M. W. J. Bennett a préparé à l'intention du nouveau ministre du Commerce et qui a été présenté le 26 juin 1957, il était question des trois accords conclus avec le Royaume-Uni.

## APPENDICE « E »

Réponse à la question de M. Murphy en date du mardi 13 juin 1961

L'Eldorado Mining and Refining Limited possède l'assurance suivante :

- a) Une police ouverte d'assurance maritime contre la perte d'envois de marchandises et de concentrés appartenant à la compagnie et expédiés par chemin de fer, par avion ou par bateau. La police protège des envois pour une valeur globale d'environ 250 millions de dollars par année.
- b) Une assurance de \$5,550,000 contre l'incendie et autres risques, sur la propriété rattachée à l'affinerie.

- c) Une police d'inspection de chaudière et d'assurance sur l'affinerie.
- d) Une assurance-automobile ordinaire sur le matériel motorisé.
- e) Une assurance de \$25,413,000 contre l'incendie et autres risques, sur la propriété de la mine Beaverlodge.
- f) Une assurance-incendie de \$60,000 sur la scierie de la rivière La Paix.
- g) Une assurance de \$15,000 contre l'incendie et autres risques sur le bois et les stocks de bois d'œuvre de la scierie.
- h) Une assurance de 2 millions sur la centrale hydro-électrique du lac Waterloo en cours d'aménagement.
- i) Une assurance de \$141,400 contre l'incendie et autres risques au chantier de construction de la centrale du lac Waterloo.
- j) Une assurance contre l'incendie et autres risques sur les maisons d'Uranium City où la société détient un intérêt assurable.
- k) Une assurance de \$72,000 et une assurance de \$430,000 contre l'incendie et autres risques, sur le matériel et l'ameublement du bureau central et sur le laboratoire de métallurgie d'Ottawa.

*L'Eldorado Aviation Limited :*

- a) Une assurance-automobile sur un petit camion.
- b) Une assurance tous-risques de \$288,770 sur les moteurs de rechange et le matériel de hangar et d'atelier.
- c) Une assurance contre les dommages matériels sur trois avions d'une valeur globale de \$380,000.

### APPENDICE « F »

*Réponse à la question que M. Best a posée le mardi 13 juin 1961*

Les 75,000 livres d'uranium qui ont été achetées pour le CANDU ont été commandées aux mines canadiennes en exploitation suivant le rapport qui existait entre le rythme de livraison mensuel de chaque producteur le 1<sup>er</sup> janvier 1961 et le rythme général de livraison pour l'ensemble du contrat. Un producteur ayant refusé sa part de commandes, la quantité refusée a été répartie entre les autres producteurs suivant la même méthode.

### APPENDICE « G »

#### EFFETS BIOLOGIQUES DE L'IRRADIATION

*Rapport d'un comité de la Société de génétique du Canada  
sur les besoins de recherche en radiobiologie<sup>1</sup>*

H. B. NEWCOMBE, *président*

A sa réunion de 1960, qu'elle a tenue à Vancouver (C.-B.), la Société de génétique du Canada a nommé un comité de la radiobiologie qu'elle a chargé de trouver des données sur les niveaux et les effets de l'irradiation provenant des retombées et d'autres sources, d'en étudier les conséquences du point de vue national et de formuler des

<sup>1</sup> Les membres du comité sont : MM. H. B. Newcombe (Président), de l'Atomic Energy of Canada Limited, Chalk River (Ont.); N. Ford Walker, de l'Université de Toronto; J. Unrau, de l'Université de l'Alberta, Edmonton (Alb.); J. M. Naylor, de l'Université de la Saskatchewan, Saskatoon Sask. (Sask.).

Arrivée du manuscrit le 30 déc. 1960.

Can. J. Genet. Cytol. 3: 61-86, 1961.

recommandations aux autorités compétentes par l'intermédiaire de la Société et avec l'appui de cette dernière.

Le comité a cru qu'il ne pouvait faire œuvre plus utile que d'examiner l'état de la recherche qui se faisait alors au Canada à l'égard des effets biologiques de l'irradiation et de se demander quels domaines particuliers réclamaient le plus de recherche intense. Des indications antérieures avaient révélé que, par rapport à certains autres pays, l'apport du Canada à l'investigation des conséquences de l'irradiation sur les matières vivantes avait été trop faible. On avait cependant le sentiment qu'on tendrait à redresser cet état de choses en élucidant les raisons auxquelles il était imputable et la tâche qu'il fallait accomplir.

Le comité a donc organisé une réunion sur les « besoins de recherche en radiobiologie », avec la collaboration et l'aide financière du Conseil national de recherches du Canada. La rencontre eut lieu les 24 et 25 octobre à Ottawa et un certain nombre d'experts-conseils et de représentants de divers organismes canadiens étaient invités à y assister. Outre les membres du comité, les personnes ci-après ont assisté à toute la réunion ou du moins à une partie des séances:

- M. R. Zelle, de la *Commission d'énergie atomique des É.-U.* (Directeur adjoint des sciences biologiques)
- M. Demerec, du *Brookhaven National Laboratory* (Membre du personnel supérieur)
- R. K. Appleyard, du *secrétariat des Nations Unies* (secrétaire de la commission scientifique pour les effets de l'irradiation atomique)
- H. E. Johns, de l'*Institut du cancer de l'Ontario* (Directeur de la division de la physique)
- G. C. Butler, de l'*Atomic Energy of Canada Limited* (Directeur de la division de la biologie et de la radiophysique médicale et sanitaire)

*D'autres organismes canadiens :*

- R. F. Farquharson, du *Conseil national de recherches* (Vice-président pour la médecine)
- W. H. Cook, du *Conseil national de recherches* (Directeur de la division de biologie appliquée)
- E. A. Watkinson, du *ministère de la Santé nationale et du Bien-être social* (Médecin en chef)

*Sur invitation spéciale :*

- E. W. R. Steacie, du *Conseil national de recherches* (Président)
- C. J. Mackenzie, de la *Commission de contrôle de l'énergie atomique* (Président)
- W. B. Lewis, de l'*Atomic Energy of Canada Limited* (Vice-président pour la recherche et les études techniques)
- G. D. W. Cameron, du *ministère de la Santé nationale et du Bien-être social* (Sous-ministre de la Santé)
- D. B. Dewar, du *secrétariat du Conseil privé* (représentant de R. B. Bryce).

Le présent rapport renferme des comptes rendus des travaux qui ont été présentés et des discussions qui ont eu lieu lors de la rencontre, ainsi que le texte d'une recommandation formelle qui en a découlé. Nous reproduisons au complet un aperçu général des besoins de recherche préparé par R. K. Appleyard.

## BESOINS DE RECHERCHE SUR LES EFFETS DE L'IRRADIATION

R. K. APPELYARD

La caractéristique essentielle des radiations ionisantes et des autres radiations analogues, c'est qu'elles pénètrent au plus profond des organismes et de leurs cellules constituantes, et y dégagent de l'énergie qui excite ou ionise les molécules. Cette énergie apparaît dans des quantités, à des moments et en des endroits tels que l'organisme vivant se trouve souvent absolument inapte à s'en accommoder.

Il s'ensuit que les effets de ces radiations sont pour la plupart destructeurs et affectent les fonctions précises et l'équilibre délicat du processus vital. De plus, l'envergure de la radiobiologie fondamentale est, de toute évidence, aussi grande que celle de la biologie même. Et ce qui est plus important encore, la vitesse du progrès dans cette science n'est que trop nettement tributaire du sujet qui lui est antérieur. A quelques exceptions près, on ne saurait la faire avancer plus vite que la biologie elle-même. Il ne peut être question d'examiner avec profit les conséquences d'un élément qui bouleverse tout un système sans d'abord être un peu renseigné sur le système et sur les lois qui le régissent. Enfin, puisque toutes les fonctions ou la plupart d'entre elles peuvent être plus ou moins atteintes en étant exposées une seule fois à des radiations ionisantes, nous aurions raison de nous méfier de réponses par trop simples à des questions fondamentales.

Au cours des années, au fur et à mesure que s'est précisé le rôle de l'énergie libérée, la mesure de la lésion du tissu ou la dose de radiations absorbée a fini par s'exprimer au moyen d'une unité simple d'énergie, le *rad*, qui équivaut à 100 ergs d'énergie absorbée par gramme de tissu. Il ne s'ensuit pas que seule la dose exprimée en rads ait de l'importance lorsqu'il s'agit de déterminer l'étendue de tel effet particulier. Des expériences récentes ont permis de constater très nettement la très grande impor-

TABLEAU I  
CHOIX DE NIVEAUX DE DOSES EN RADS

*Du point de vue physique*

|  |            |
|--|------------|
| Irradiation naturelle de l'homme, par an .....   | 0.1        |
| Irradiation par personne dans les pays évolués, calculée à des fins génétiques, par an ..... | 0.02-0.2   |
| Provenant des retombées, par an .....  | 0.001-0.01 |

*Du point de vue administratif*

|  |    |
|--|----|
| Maximum d'irradiation professionnelle permis pour les tissus mous en général, par an ..... | 15 |
|--|----|

*Du point de vue biologique*

|   |  |
|---|--|
| DL <sub>50</sub> ou dose létale médiane pour irradiation soudaine et totale de l'homme et de plusieurs mammifères ..... | environ 500                              |
| DL <sub>50</sub> pour cellules de mammifères <i>in vitro</i> .....  | environ 100                              |
| DL <sub>50</sub> pour les bactéries .....   | environ 10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup> |
| DL <sub>50</sub> pour les insectes .....  | environ 10 <sup>6</sup>                  |
| DL <sub>50</sub> pour les champignons, les protozoaires .....   | environ 10 <sup>5</sup>                  |
| Ordre des doses nécessaires pour produire des réactions organiques dans des solutions .....                             | environ 10 <sup>5</sup>                  |
| Minimum des doses simples qu'il est possible de détecter dans des systèmes biologiques .....                            | environ 0.001                            |
| Dose par génération qui fait doubler la vitesse de mutation chez l'homme (estimée à) .....                              | 10-400                                   |

tance que prennent le caractère particulier de la dose dans le temps et dans l'espace et l'état des organismes ou des cellules qui la reçoivent. Le rad n'en demeure pas moins l'unité de base dont nous devons nous occuper. Aux fins de la compréhension générale, nous présentons dans le tableau I quelques ordres de grandeur de divers genres d'irradiations.

#### *Effets de l'irradiation*

Il ne fait pas de doute que tous les effets des radiations ionisantes se produisent dès le premier instant chez le sujet irradié, mais ils ne se manifestent pas tous en même temps. Certains sont plus ou moins immédiats, d'autres ne se font sentir que tardivement, voire après un grand nombre d'années. D'autres encore, qui atteignent les cellules germinales du sujet irradié, ne se manifestent que dans sa progéniture. Il s'agit là des effets germinaux ou génétiques par opposition aux effets somatiques perceptibles chez l'individu même qui subit l'irradiation. Il convient, pour mesurer l'étendue de nos connaissances, de nous en tenir à cette distinction classique et de laisser de côté les mécanismes radiobiologiques sous-jacents de la cellule pour en traiter séparément. Et puisque la nécessité qui inspire la recherche dans le domaine de l'irradiation est un problème humain de l'heure, il est commode en même temps que flatteur de placer l'homme en première place. Mais ce faisant n'oublions pas que plus faible et plus lente est l'absorption, plus grand et mieux organisé est l'organisme, moins immédiatement perceptibles sont les effets et moins nous sommes renseignés à leur sujet.

#### *Effets immédiats de doses massives*

Que dire des effets immédiats de doses massives ? Le syndrome aigu de l'irradiation est bien connu et bien décrit en ce qui concerne l'homme. Les causes profondes, soit la destruction de la membrane intérieure de l'appareil gastro-intestinal dans le cas de doses très considérables, la destruction de la moelle aux niveaux voisins de la dose létale médiane, et ainsi de suite, sont assez bien connues grâce aux travaux exécutés sur les animaux et ont fait l'objet d'observations poussées, de rapports et de travaux en ce qui concerne l'homme. La dose létale médiane pour l'ensemble du corps humain est probablement assez voisine de 500 rads. Il existe, à ce niveau, plusieurs indices biologiques assez satisfaisants quant au sérieux de la réaction. Il existe aussi au moins une possibilité de traitement dans le domaine des greffes de moelle, avec toute la portée générale qu'elles peuvent avoir, les grandes perspectives qu'elles ouvrent et le peu d'encouragement qu'elles ont à offrir dans l'immédiat. Bien sûr, rares sont ceux qui voudraient, dès à présent, constituer des réserves de moelle, mais il est à propos de se rappeler que les greffes de moelle ont à maintes reprises épargné la vie à des animaux de laboratoire; c'est donc dire que le principe en est établi.

Contre les doses dont le niveau dépasse sensiblement la dose létale médiane, il y a peu de recours. Mais pour les doses bien inférieures à ce niveau, le recouvrement est instantané et apparemment complet, sans beaucoup d'aide extérieure. Pour de brèves périodes d'irradiation et une gamme étendue de doses, il existe une expérience parallèle d'irradiation partielle du corps réalisée par les radiothérapeutes, ordinairement jusqu'aux limites de ce qu'un tissu sain peut supporter. Enfin, il existe tant et plus de conclusions positives recueillies à la suite de l'irradiation partielle ou complète d'un grand nombre d'animaux et de cellules qu'on a exposés à des doses létales dans les conditions les plus variées.

#### *Indicateurs de doses plus faibles*

C'est dans l'échelle des doses bien inférieures à la dose létale médiane — mettons de 5 à 100 rads pour tout le corps — qu'une autre faiblesse se révèle. Nous n'avons pas d'indicateurs biologiques d'irradiation réellement satisfaisants. La plupart des examens périphériques ordinaires du sang — le dénombrement différentiel des globules blancs, par exemple — sont loin de donner une idée des effets de l'irradiation et sont

assez facilement trompés par d'autres facteurs. Voici un domaine où il vaudrait peut-être la peine d'unir ses efforts pour faire une étude complète, à partir des cellules, et en passant par le règne animal pour arriver jusqu'à l'homme, soit en trouvant le moyen de rendre les phénomènes déjà établis plus utiles dans les études ou les examens, soit en trouvant de nouveaux indicateurs plus efficaces, immédiats ou accumulés durant de longues périodes.

#### *Effets retardés*

Transporter en toute hâte à l'hôpital quelques victimes d'un accident et les examiner avec tous les moyens disponibles, c'est une chose. Mais suivre le sort d'une personne irradiée pendant dix ou vingt ans, ou jusqu'à ce que la mort mette fin à ses jours avancés, c'est une tout autre chose. Pourtant, d'excellents travaux d'étude, effectués surtout à Hiroshima et à Nagasaki, de même que sur un groupe de personnes victimes des radiations thérapeutiques en Angleterre, nous ont donné des éléments solides de connaissances sur les effets différés produits chez l'homme. Des doses de centaines de rads, d'une forte intensité d'irradiation, causent sans doute une plus grande fréquence de leucémie durant les dix années suivantes, avec laquelle nous pouvons même établir un rapport quantitatif très indécis avec la dose, en supposant que c'est l'irradiation de la moelle des os qui importe. Mais nous avons une bien pauvre idée de ce que cela représente pour les faibles irradiations ou pour diverses conjonctures temps-espace d'irradiation. Peut-être des expériences appropriées faites sur les animaux nous permettront-elles un jour de transposer.

Un résultat important qu'a obtenu récemment la Commission d'examen des victimes de la bombe atomique (ABCC), à la suite d'une étude effectuée au Japon, c'est qu'on semble bien avoir observé une augmentation des affections malignes autres que la leucémie, mais qui se révèlent encore plus tard. Après avoir terminé l'étude de cette vague d'événements et après avoir amélioré encore la dosimétrie des personnes irradiées, nous devrions avoir assis sur des bases assez solides nos connaissances des effets différés. Là encore, nous ne connaissons pas les effets des irradiations faibles ou lentes d'une partie du corps; nous ne saurons même pas s'il existe une dose liminale en deça de laquelle le cancer n'est pas engendré. Il faudra peut-être, encore dans ce domaine, que nous allions puiser, dans des expériences assez poussées sur les animaux, les éléments nécessaires à une évaluation plus complète, ce que nous possédons à l'heure actuelle semblant insuffisant à cette fin.

Enfin, on sait par des expériences faites sur les animaux que les fortes doses d'irradiation, en plus de causer des effets immédiats et des effets différés mais certainement malins, abrègent, dans une mesure assez indéterminée, la durée de la vie. Outre l'aspect biologique fondamental et fascinant, on peut se demander si cela a quelque rapport avec le vieillissement naturel. Une question se pose immédiatement: cela s'appliquera-t-il à l'homme? Dans quelle mesure? Encore une fois, les études faites au Japon nous donneront peut-être un indice; d'autres études viendront peut-être les confirmer; de toute façon, il n'est pas nécessaire de faire une autopsie bien détaillée de chaque personne pour établir que la mort survient à un certain âge. Espérons que, lorsque nous aurons à notre disposition des données sûres relativement à l'homme, nous aurons déjà une base générale d'interprétation grâce aux travaux poussés, en cours ou prévus, effectués sur les animaux, et qu'on amorcera sans délai inutile les autres études des populations humaines qui pourraient être utiles dans ce domaine.

#### *Nécessité et progrès des études sur les humains*

Si l'on veut résumer le tableau général qui se présente ici, il faut dire que les données quantitatives humaines sur la toxicologie de la radiation ionisante et des isotopes radioactifs sont désespérément rares et dispersées, et encore ne sont-elles que partiellement supportées par des études comparatives sur les animaux. Une des nécessités les plus critiques, c'est certainement de ne laisser échapper aucune possibilité de

faire des études utiles sur les hommes victimes d'irradiations. A ce sujet, les personnes ici présentes trouveront peut-être intéressant de voir d'où viennent ces groupes. Ce peuvent être des personnes qui ont été exposées à une irradiation naturelle exceptionnellement forte, à des irradiations thérapeutiques, ou des personnes qui ont été ainsi exposées par suite de leur profession, ou par suite d'un accident ou d'une catastrophe.

Nous donnons, dans le tableau II, certains groupes qui ont fait l'objet d'une étude ou qu'on a songé à étudier.

---

TABLEAU II  
GROUPES DE POPULATION IRRADIÉE

---

*Par des sources naturelles*

1. La population habitant les sables monazites du Kerala, dans le sud de l'Inde.
2. Les habitants de certaines parties de la province de Minas Gerais et Goias, au Brésil.
3. Les habitants de la région de la haute-Ra, dans l'Illinois, aux États-Unis.

*Par des irradiations médicales*

- \*\*\* 4. Malades recevant des traitements thérapeutiques pour la spondylite ankylosante ou autres affections semblables.
- \*\* 5. Enfants exposés à une irradiation complète du corps pour hypertrophie thymique.
- \* 6. Femmes exposées à des radiations thérapeutiques dans le traitement de cancers cervicaux.
- \*\* 7. Malades traités à l'aide de préparations de radium.
- \*\* 8. Enfants irradiés dans l'utérus.
- \* 9. Malades traités au thorotrast.
10. Malades recevant des traitements aux rayons X pour mycose du cuir chevelu.
11. Malades irradiés au cours de traitements d'effondrement du poumon, dans les cas de tuberculose.
12. Malades exposés aux radiations au cours d'examen ou de traitements pour affections cardiaques.

*Dans l'exercice de leurs professions*

- \*\* 13. Les radiologistes.
- \*\* 14. Les peintres de cadrans lumineux.
15. Les premiers manipulateurs de radium.
- \*\* 16. Ceux qui travaillent à l'extraction de matières radioactives.

*A la suite d'un accident ou d'une catastrophe*

- \*\*\* 17. Les habitants d'Hiroshima et de Nagasaki.
18. Les personnes exposées par accident au cours de leur travail.

- 
- \* Études projetées.  
 \*\* Travaux en cours.  
 \*\*\* Études terminées ou à peu près terminées.
- 

Les groupes sont déjà très variés. Pourtant, c'est un stimulant que de penser à d'autres. Deux rubriques seulement ont besoin d'explications:

a) C'est auprès des peintres de cadrans lumineux qu'on puise ordinairement les renseignements sur les charges de radium. Une reprise récente du travail a grandement étendu le champ des études antérieures et il paraît étonnant que, même de nos jours, il y ait des peintres qui, dans certains pays, absorbent du strontium 90.

b) L'étude faite conjointement par les États-Unis et le Japon dans les villes bombardées est assurément la plus massive et la plus détaillée; elle porte sur une population non spécialisée, autrefois en bonne santé. On a laissé entendre qu'une fois terminée, l'étude permettrait au moins de définir tous les effets ultimes importants de l'irradiation d'une population, ce qui, du même coup, diminuerait pour nous la nécessité d'approfondir indéfiniment toutes les caractéristiques de l'homme. Cette pensée, à condition qu'elle soit acceptable, est plutôt utile et semble certainement raisonnable.

En outre, il y a, bien entendu, une sorte d'étude qui commence, non pas par l'irradiation, mais par les effets ultimes, et qui, par voie de question directe ou d'après les dossiers existants, établit combien de fois le cas se produit où il y a eu irradiation antérieure de quelque sorte. Ces études rétrospectives, bien que judicieuses en principe, sont apparemment très compliquées en pratique et certainement très controversables à l'heure actuelle, mais certaines de leurs conclusions n'en sont pas moins très inspirantes.

#### *Toxicologie de l'isotope, problème spécial*

Avant de quitter le sujet des effets somatiques de la radiation, il convient d'insister sur la différence entre l'irradiation externe — souvent appliquée par jets courts et intenses à tout le corps ou à des secteurs géométriques choisis du corps — et l'irradiation lente et continue par suite de l'ingestion et de la rétention d'isotopes radioactifs parfois dans un seul tissu très réparti, comme dans le cas de ceux qui s'attaquent aux os. Dans des déclarations récentes, faites surtout par ceux qui s'intéressent aux os, on a souligné que l'aspect d'ensemble de la dose, en temps et en espace, pour chaque matière radioactive, se distingue tellement de tout le reste, et se révèle si embêtant et si unique à la micro-échelle qu'il peut bien ne rester que peu de possibilités de transposer les résultats de l'irradiation externe aux isotopes, ou d'un isotope à l'autre, ou même peut-être des isotopes à haute activité aux isotopes à faible activité.

Cela signifie-t-il en pratique que les effets du strontium 90, du plutonium 239, du radium et le reste constituent une série de problèmes empiriques tout à fait distincts en toxicologie ? Faudrait-il tenter d'obtenir dès maintenant des réponses empiriques pertinentes en abordant simplement et directement l'aspect toxicologique ? Ce qu'il y a de difficile pour un bon nombre d'entre nous, quand il s'agit d'étudier la question, c'est de savoir au juste quels principes de toxicologie appliquer et comment les appliquer. Faut-il attendre que l'homme soit victime de catastrophes avant de déterminer des niveaux pour quelque point ultime défini ? Ou bien, les limites quantitatives peuvent-elles être établies en fonction d'une espèce de mammifère ? Ou bien, devons-nous examiner au moins trois espèces provenant de groupes différents ? Que faut-il faire ? Si la pratique toxicologique ordinaire qu'on applique dans le cas de produits chimiques toxiques est convenable, nous ferions peut-être bien de l'appliquer ici. Sinon, les raisons pour lesquelles nous l'appliquerions pourraient nous être utiles dans l'orientation de nos expériences dans le domaine des isotopes. Personne, par exemple, ne voudrait se voir pris à faire des expériences sur des dizaines de milliers de brebis par année, ou des centaines de mille rats, en plus des travaux déjà prévus sur les souris, sans être certain que c'est bien ce dont ont besoin les spécialistes de la toxicologie.

#### *Mutation génique et aberration chromosomique*

Malheureusement, la génétique humaine nous fournit peu de renseignements d'intérêt direct sur les effets germinaux de l'irradiation qui peuvent éventuellement se faire sentir dans les descendants de personnes victimes d'irradiation. On connaît l'existence, chez l'être humain, de quelque 500 maladies spécifiques contrôlées génétiquement, dont la plupart sont peu fréquentes mais graves. Environ 4 p. 100 des enfants en sont atteints à leur naissance, cette proportion étant à peu près uniforme d'une population à l'autre, bien que le partage détaillé des maladies varie sensiblement. Mais on est loin de savoir avec certitude combien parmi eux survivent dans la population, par suite

d'une mutation périodique devant la sélection naturelle qui s'exerce contre eux. Selon une estimation officielle faite il y a deux ans, il y en aurait un quart pour cent ou 1 p. 100 de tous les enfants naissants, mais les opinions varient considérablement. Il se peut qu'un autre pour cent présente de graves déficiences accompagnées de maladies chromosomiques de l'homme découvertes récemment ou non encore identifiées (qui s'accompagnent de variations dans le nombre ou la configuration des quelque 46 éléments visibles qui transmettent le gène); et ces proportions se maintiennent probablement toujours grâce à l'occurrence répétée des réarrangements et aberrations chromosomiques devant une sélection plutôt intense.

La génétique humaine et expérimentale nous enseigne également que certaines caractéristiques humaines très importantes, y compris l'intelligence, la stature et la durée de la vie, sont déterminées par l'influence réciproque qui s'exerce parmi nombre de gènes dont les effets ne peuvent être distingués les uns des autres. Cette science nous a fourni, grâce à une analyse ingénieuse de la statistique de la reproduction dans les mariages entre consanguins, une espèce d'indice quant à l'élément principal de la mauvaise santé génétique en général d'une population. C'est le total du gène rétrograde nuisible par tête, exprimé en équivalents de gènes létaux; la moyenne semble être d'environ 3-5 é.l. (équivalents létaux) par tête. Il convient de souligner que nous avons là un indice, simple en principe même s'il devient compliqué dans la pratique, que la plupart des gouvernements modernes pourraient entreprendre de mesurer assez facilement et à relativement peu de frais, surtout dans les pays comme le Canada où les méthodes d'enregistrement sont si avancées.

La génétique humaine nous apprend également que les taux de mutation naturelle d'un certain nombre de gènes humains s'établissent à environ  $10^{-5}$  par génération et nous donnera sans doute bientôt des taux de fréquence pour certaines configurations chromosomiques anormales, mais elle ne nous a pas fourni, jusqu'ici, de données quant au taux global de mutation pour l'ensemble ou une grande partie du gène. Cependant, une étude extrêmement intéressante de défrichage est effectuée à l'heure actuelle en Italie en vue de déterminer le taux global de mutation pour tous les gènes létaux, apparentés quant au sexe; on se sert, en appliquant une nouvelle méthode ingénieuse, de données statistiques nationales et d'échantillon en corrélation avec cet ancien indice méprisé, ou tout au moins flétri, l'indice-sexe.

#### *Problèmes du rapport dose-mutation*

Au-delà de ces éléments de base loin d'être négligeables, ce que nous connaissons de la génétique humaine ne nous aide pas du tout. Quant aux mutations de gène ou aberrations chromosomiques causées par l'irradiation, on n'en a pas prouvé l'existence dans les cellules germinales humaines; encore moins a-t-on pu établir un rapport quantitatif avec la dose. Au lieu de cela, toutes les estimations qui ont été publiées jusqu'ici relativement aux effets reposent sur une série de conjectures auxquelles on ne saurait ajouter foi, mais auxquelles, pour quelque raison mystérieuse, on attache une certaine valeur surfaite sous prétexte qu'elles cadrent les unes avec les autres, bien qu'on y arrive par différentes voies. C'est peut-être prudent, et ce ne l'est peut-être pas. Ce qu'il faut certes avant tout, ce sont des données qui soient susceptibles d'établir un rapport quantitatif entre la dose et la mutation chez l'homme. Comment y arriverait-on? Directement: l'analogue d'irradiation de l'étude italienne faite sur trois générations (c'est-à-dire le rapport établi entre la proportion sexuelle et l'âge — ou dans le cas actuel, l'irradiation — des grands-parents du côté maternel) pourrait donner des résultats dans 50 ans. Mais il est plus probable que les premières tentatives sérieuses soient indirectes: on établira un rapport dose-mutation pour les cellules somatiques *in vivo* (dans lesquelles on a probablement démontré l'existence de mutations engendrées par l'irradiation), ou pour les cellules d'origine humaine cultivées dans des éprouvettes ou quelque chose de semblable, puis l'on comparera, dans au moins deux

ou trois espèces animales, les courbes dose-mutation à celles des cellules germinales *in vivo*. De cette façon, on trouvera une base selon laquelle on pourra calculer le taux de mutation provoquée, dans les cellules de lignée germinale humaine *in vivo*. Quant à savoir si cette méthode dite du « parallélogramme » sera satisfaisante, c'est plus discutable. La disparité entre les aberrations chromosomiques observées dans les cultures en éprouvette et retrouvées après l'irradiation des gonades *in vivo* paraît certainement moins que prometteuse.

#### *Problèmes du rapport mutation-effet*

Pourtant, c'est lorsqu'il s'agit du rapport entre la mutation accrue et ses effets dans l'humanité future que notre ignorance est la plus pitoyable. Par exemple, nous ne savons pas du tout, ni chez l'homme ni dans aucune autre espèce, si la mutation naturelle exerce un rôle positif significatif dans l'adaptation de l'espèce à l'évolution du milieu, ou si elle représente une série tout à fait négative d'accidents inévitables. Pourtant, on peut certainement s'attaquer au problème de façon expérimentale, comme on s'y est attaqué récemment de façon théorique.

Nous avons toujours supposé tacitement que les mutations provoquées par l'irradiation ne différaient pas systématiquement des mutations naturelles, de sorte que les renseignements que nous possédions à propos des mutations naturelles, chez l'homme par exemple, puissent être considérées comme tout à fait pertinentes. Mais ce n'est peut-être pas entièrement vrai. Quand il s'agit d'organismes d'expérimentation, il faut en savoir plus long sur les mutations naturelles afin de les étudier de façon plus approfondie.

Prenons maintenant le cas d'un gène létal mutant, typiquement rétrograde, chez l'homme, c'est-à-dire un gène mutant qui tue si le porteur en a deux, un dans chacune de ses deux séries de chromosomes. Le problème surgit parce que, dans la grande majorité des cas, on rencontre un gène unique chez les gens, chacun se trouvant avec d'autres variétés normales et inoffensives. Or cette association d'un gène mutant et d'un gène non mutant est-elle plus ou moins favorable que deux gènes normaux ? La question revêt une importance profonde. L'association avec un gène mutant serait-elle juste un peu plus favorable, cet avantage sélectif l'emportera sur tous les effets de la mutation en conservant le nombre des gènes mutants. Serait-elle un tout petit peu moins favorable, la plupart des gènes mutants seront éliminés de la population grâce à ce désavantage sélectif plutôt que par les combinaisons, bien plus rares et bien plus graves au point de vue social, de deux gènes mutants qui mènent à la mort. Dans les organismes d'expérimentation — soit des drosophiles, des souris ou même de la levure — nous avons une très bonne connaissance du problème. Pour ce qui est de l'homme, nous n'en savons à peu près rien et c'est de nature à nous faire réfléchir quand nous nous demandons si nous pourrions jamais trouver des différences d'un ou deux pour-cent dans le nombre des descendants entre les classes de population génétiquement différentes. La seule consolation qui nous reste, c'est que nous n'avons pas à recourir à l'examen clinique sur la plus grande échelle; il suffit de dénombrer les naissances voulues. Mais si nous voulons des résultats utiles dans deux ou trois décennies, nous ferions bien de nous y mettre sérieusement *dès maintenant*.

Enfin, nous savons peu de chose de la structure génétique des populations humaines: quelle est l'importance et le nombre des unions bien assorties plutôt que faites au hasard ? Jusqu'à quel point pratique-t-on, dans l'ensemble, la sélection génétique de nos jours ? Comment préserve-t-on génétiquement les caractéristiques poly-génétiques importantes comme l'intelligence ? La mutation produit-elle certains effets sur eux ? M. Newcombe a été le premier à faire des expériences sommaires d'irradiation sur l'intelligence héréditaire des rats, mais les résultats seront-ils applicables à l'homme ? Comment ? On pourrait continuer ainsi indéfiniment; c'est un domaine à peu près intouché. L'homme est peut-être un organisme qui se prête bien à l'étude de ces

problèmes: une bonne partie des travaux qui s'imposent ne sont pas des travaux de recherche en matière d'irradiation, mais ils sont très nécessaires pour évaluer l'irradiation; la drosophile, l'organisme favori des généticiens, présente certaines particularités susceptibles de mener à des conclusions générales sur lesquelles il serait risqué de se fonder. Peut-être avons-nous besoin de nouveaux sujets d'expérimentation chez lesquels nous pourrions étudier de nombreuses populations parallèles: bien des gens le croient. Mais cela veut dire un lent début, tandis que les généticiens adaptent de nouveau les instruments voulus pour une autre espèce.

#### *Radiobiologie élémentaire*

*Rapport avec la biologie élémentaire.* Que dire maintenant de la radiobiologie élémentaire qui doit un jour étayer de compréhension tous nos besoins et efforts pratiques et qui, si souvent déjà, nous montre la voie à suivre. On a déjà parlé de l'effet réciproque qu'elle exerce en général avec la biologie élémentaire qu'elle ne peut pas précéder de beaucoup et qu'on ne peut lui permettre d'affaiblir, mais où elle est également un instrument utile; on a déjà révélé sa nécessité et ses applications dans plusieurs des secteurs plus pratiques de la présente étude superficielle et préliminaire.

*Radiobiologie élémentaire des effets génétiques.* Dans le domaine de la génétique, on en est sur le mécanisme des mutations génétiques et des aberrations chromosomiques provoquées par l'irradiation: l'évolution marquée, la pénétration au-delà de l'ancien et simple rapport linéaire dose-effet dans le sperme jusqu'à un ensemble de processus qui se continuent bien après que l'irradiation a cessé. Il y est certainement question de la physiologie générale de la cellule et, bien entendu, on croit que toute la question tourne surtout autour de l'ADN (acide désoxyribonucléique), l'élément principal du gène dont le comportement physique et chimique et la codification conséquente sont tellement mis en doute dans tellement de milieux.

*Radiobiologie élémentaire des effets somatiques.* Voyons maintenant un autre aspect du tableau: le problème de la carcinogénèse provoquée par l'irradiation semble bien loin en arrière; peut-être devra-t-il attendre la solution du problème de la carcinogénèse en général. De même, il ne faudrait peut-être pas parler avec trop d'aisance d'un éventuel « vieillissement provoqué par l'irradiation » — malgré toutes les belles déductions mathématiques qu'on a faites en se fondant sur la théorie des renseignements et d'autres moyens — jusqu'à ce que nous ayons quelques notions élémentaires du « vieillissement ».

*Radiobiologie élémentaire de l'action de la radiation.* C'est en l'abordant sous un troisième angle, et dans son sens classique le plus étroit, que la radiobiologie nous apparaît sous son meilleur jour. En commençant par le commencement, pour ainsi dire, grâce à un travail patient de débrouillement, nous en avons appris beaucoup sur les effets directs sur les protéines et autres éléments constitutifs des cellules, de même que sur les moyens par lesquels ces effets peuvent être simulés ou modifiés par l'eau ou les radicaux libres qui s'y forment. Les controverses plus anciennes et plus rudimentaires — la théorie de la cible contre l'action indirecte — n'ont pas été tellement réglées; elles ont plutôt fait place à d'autres — par exemple les effets des enzymes sulphydryles et sur ces enzymes — qui, avec le temps, ont été mises de côté à mesure que s'orientait vers autre chose l'intérêt en matière de biologie. Aujourd'hui on porte un certain intérêt aux cellules desséchées, aux semences et aux spores, à la détection radicale par les méthodes de résonance de spin, de même que par les analogues chimiques et les dérivés radioactifs des purines et des pyrimidines. Il se peut fort bien que demain ce soit autre chose, puisque les instruments et les phénomènes excitants de la biologie des cellules évoluent.

*Quelques foyers courants de radiobiologie élémentaire.* Dans ce qui, ces dernières années, a pris une importance particulièrement profonde, mentionnons tout d'abord l'effet de l'oxygène et les découvertes qui en ont découlé; deuxièmement, la découverte,

accompagnée de connaissances partielles seulement, de produits chimiques très efficaces de protection et de nouvelles méthodes permettant aujourd'hui de les étudier; troisième-ment, l'action réciproque fascinante de l'irradiation avec des propriétés immunisantes où le radiobiologiste a donné au moins autant à la biologie générale qu'il en a reçu en retour. Et l'avenir nous réserve certainement de nouvelles surprises.

TABLEAU III

## AIDE FOURNIE AU CANADA A L'ÉGARD DE LA RADIOBIOLOGIE ET DE LA MESURE DE L'IRRADIATION POSSIBLE DES TISSUS \*

|   | Milliers<br>de dollars | Pour-<br>centage |
|---|------------------------|------------------|
| Montant global annuel pour toutes les études portant sur les problèmes de l'irradiation ..... | 1,276                  | 100              |
| VENTILATION PAR SUJET   |                        |                  |
| Travaux portant sur le mesurage des doses tissulaires .....                                   | 776                    | 61               |
| a) instrumentation et dosimétrie (314)  |                        |                  |
| b) niveaux des doses et mouvement des produits de fission (462)                               |                        |                  |
| Travaux portant sur les effets somatiques et les mécanismes fondamentaux .....                | 413                    | 32               |
| a) effets somatiques (323)  |                        |                  |
| b) mécanismes fondamentaux (190)  |                        |                  |
| Travaux portant sur les effets génétiques .....   | 87                     | 7 **             |

## RÉPARTITION DES FONDS SELON LES SOURCES

|  | Dépenses globales<br>(par année) |                  | Partie<br>dépensée<br>pour l'étude<br>des effets |
|--|----------------------------------|------------------|--|
|  | Milliers<br>de dollars           | Pour-<br>centage |  |
| <i>Atomic Energy of Canada Limited</i> .....                                       | 688                              | 54               | 213  |
| Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social .....                       | 241                              | 19               | 12   |
| Institut national du cancer .....  | 166                              | 13               | 148  |
| Ministère fédéral de l'Agriculture .....   | 60                               | 4.6              | 20   |
| Fondation de l'Ontario pour le traitement et les recherches<br>sur le cancer ..... | 58                               | 4.5              | 58   |
| Conseil national de recherches pour la défense .....                               | 57                               | 4.4              | 47   |
| James Picker Foundation .....  | 4                                | 0.3              | —  |
| Conseil national de recherches du Canada .....                                     | 2                                | 0.2              | 2  |
| Total .....  | 1,276                            | 100.0            | 500  |

## HOMMES-ANNÉES PROFESSIONNELS, PAR ANNÉE ET PAR SUJET

|  |    |                              |
|--|----|------------------------------|
| Travaux portant sur:                                   |    |                              |
| (1) La mesure des doses tissulaires .....              | 32 | hommes-années professionnels |
| (2) Effets somatiques et mécanismes fondamentaux ..... | 36 | hommes-années professionnels |
| (3) Effets génétiques .....                            | 3  | hommes-années professionnels |
| Total .....  | 71 | hommes-années professionnels |

\* Extrait des données de Hughes (1960).

\*\* Bien que l'inquiétude suscitée par les effets des faibles doses porte surtout sur les changements génétiques, on s'est relativement peu intéressé à l'étude de ces changements.

Les chiffres inscrits entre parenthèses représentent des milliers de dollars.

## AIDE FOURNIE A L'HEURE ACTUELLE

*Aide fournie à l'heure actuelle au Canada pour les études sur la biologie de l'irradiation*

G. C. BUTLER

Plus tôt au cours de l'année 1960, à la demande de la Commission de l'énergie atomique des États-Unis, M. E. O. Hughes (de l'*Atomic Energy of Canada Limited*) a fait un relevé de la somme d'efforts faits dans le domaine scientifique et de l'argent dépensé au Canada en vue de l'étude de la biologie de l'irradiation, ainsi que d'études sur les niveaux de produits de fission et sur le fonctionnement de la dosimétrie et des instruments, et des problèmes connexes qui se posent (Hughes, 1960 \*). On trouvera dans le tableau III une analyse des données de Hughes. Nous reviendrons plus loin sur le fait que le montant global d'un million et quart de dollars est relativement faible; pour le moment, nous ferons une certaine ventilation de cette somme. Un tiers seulement du montant sert aux études des effets biologiques et des mécanismes fondamentaux dont résultent ces effets. Comme la présente réunion a été organisée par la Société de génétique du Canada, il convient de signaler la part particulièrement maigre (environ un douzième) de la somme globale qui est affectée aux études des effets génétiques de l'irradiation et le petit nombre des chercheurs scientifiques qui s'y consacrent. Un autre aspect qui laisse à désirer, c'est que la moitié de tout l'argent dépensé à cette fin et presque tous les travaux effectués dans le domaine de la génétique sont fournis par l'*Atomic Energy of Canada Limited*. La liste des programmes n'en contient aucun qui vise les effets des faibles doses à l'égard desquels règne la plus grande incertitude.

On se rend compte depuis quelque temps du peu d'efforts fournis par le Canada. La résolution 1376 (XIV) présentée par l'hon. Howard C. Green à l'assemblée générale des Nations Unies, en 1959, constitue une véritable invitation aux Canadiens afin qu'ils obtiennent plus de renseignements sur les effets biologiques de l'irradiation.

*Extrait de la résolution 1376 (XIV) de l'assemblée générale des Nations Unies  
Rapport d'activité du Comité des Nations Unies  
sur les effets de l'irradiation atomique*

*L'Assemblée générale —*

*Réaffirmant* la grande importance des études relatives aux effets de l'irradiation ionisante sur l'homme et son milieu ambiant,

*Reconnaissant* que tout l'univers désire qu'on prenne des mesures urgentes en vue d'accroître ses connaissances sur les effets biologiques de l'irradiation et de l'étendue des dangers que causent les irradiations provoquées par l'homme,

*Prend note* de la requête du Comité en vue d'obtenir d'autres renseignements et données du même genre que ceux qui figurent dans son rapport général.

*Demande au Comité —*

- d'étudier et d'examiner les dispositions à prendre pour encourager les études génétiques, biologiques et autres,
- qui détermineront les effets de l'irradiation sur la santé de l'humanité;

839<sup>e</sup> réunion plénière,  
17 novembre 1959.

La résolution de M. Green demande en fait deux sortes de renseignements: a) les quantités d'irradiation auxquelles les gens sont exposés, et b) les conséquences biologiques de cette irradiation. Malheureusement, on semble avoir trop insisté sur la première

\* Hughes, E. O., « Canadian research in radiation biology and related fields », 1959-1960, A.E.C.L., rapport n° 974.

catégorie de renseignements, et surtout sur le mesurage bien détaillé de l'irradiation attribuable aux essais d'armes. Les renseignements de la catégorie *b*) sont relégués de plus en plus à l'arrière-plan des mesures chimiques et physiques. Le sous-comité d'étude des aspects physiques découlant de la résolution 1376 (XIV) de l'assemblée générale a reconnu ce fait, comme l'atteste son rapport du 23 septembre 1960. Ce sous-comité a conclu que, puisque nous ne connaissons pas les effets biologiques dans un facteur dix, il est probablement suffisant, pour quelque temps encore, d'évaluer l'irradiation dans un facteur deux.

Il semble évident qu'il faudrait faire plus de recherches au Canada sur la biologie de l'irradiation. Le plus grand problème, c'est de savoir quelle serait la meilleure façon de s'y prendre.

A cet égard, il serait peut-être profitable de faire l'historique de la recherche radiobiologique à Chalk River. Au début des années 40, le Conseil national de recherches du Canada mettait en marche un programme d'énergie atomique et amenait, en 1955, le professeur J. S. Mitchell, de Cambridge, et le chargeait de la partie médicale et biologique du programme. En 1946, le professeur W. V. Mayneord lui succédait. Durant leur bref séjour au Canada, ces deux hommes se rendirent clairement compte de la nécessité des études fondamentales en matière de biologie de l'irradiation et, avec l'appui du Conseil national de recherches, formèrent un petit groupe à Chalk River et lui confièrent ce travail. Ce groupe compte maintenant huit chercheurs scientifiques professionnels dans le service de la biologie dirigé par M. Newcombe, et deux dans le service médical qui s'occupe surtout de l'étendue de l'irradiation professionnelle et un peu de ses répercussions. Le groupe est demeuré presque le même en nombre pendant plus de dix ans.

On avait espéré au début qu'il formerait comme un noyau et que ce domaine d'études attirerait d'autres chercheurs scientifiques dans d'autres laboratoires de l'État et dans les universités, ce qui lui aurait permis de s'élargir. La réponse a été décevante cependant, et il serait peut-être bon que nous étudiions les causes de l'état de choses actuel et que nous y trouvions quelques remèdes.

Les efforts faits à deux reprises, par le Conseil national de recherches pour la défense (D.R.B.), en vue de stimuler les recherches au Canada dans le domaine radiologique nous serviront d'exemple. Il y eut d'abord, en 1955, la création de bourses d'études postdoctorales pour des recherches outre-mer en radiobiologie. Trois étudiants seulement ont demandé jusqu'ici ces bourses d'études, et les trois les ont obtenues. Un seul d'entre eux continue ses travaux en radiobiologie, mais il est aux prises avec certaines difficultés par suite du manque d'appareils de rayons X. L'autre initiative a été l'établissement d'une section d'irradiation dans le département de physiologie de l'université de Toronto en 1949. Deux candidats qui préparaient une maîtrise ès arts et deux autres qui préparaient un doctorat en philosophie ont effectué leurs travaux de thèse dans cette section. Depuis, le directeur de la section est parti. Un des étudiants préparant son doctorat en philosophie a continué ses travaux en radiobiologie avec l'aide du Conseil national de recherches pour la défense.

Une initiative récente, d'un genre différent, a été plus fructueuse. En 1957, l'Institut ontarien du cancer était fondé à Toronto grâce à des fonds fournis par le gouvernement provincial et la Fondation de l'Ontario pour le traitement et les recherches sur le cancer. Cet institut, qui a de bons laboratoires, est en mesure d'offrir un bon stimulant scientifique tant dans le domaine de la recherche que dans celui de la formation et, de par son affiliation à l'université, il peut préparer des étudiants aux diplômes. Sous la direction de MM. Ham et Johns, l'institut inaugura en très peu de temps un excellent programme de recherches et de formation en radiobiologie.

Que nous apprennent ces expériences ? La conclusion la plus importante semble être qu'il ne suffit pas de fournir l'argent nécessaire pour des programmes de bourses

d'études et des appareils. Il faut qu'il existe des positions attrayantes afin d'encourager les bons étudiants à s'intéresser à la radiobiologie et où ils puissent trouver un emploi après avoir terminé leurs études. Pour être attrayante, il faut que la position se trouve dans un laboratoire qui a atteint certaines « proportions critiques »; les chercheurs scientifiques, habituellement, ne donnent pas leur meilleur rendement quand ils travaillent isolés; ils ont besoin de l'encouragement et de la critique d'autres personnes qui ont les mêmes intérêts.

Un moyen de remédier à la situation, c'est d'aménager plus de laboratoires de biologie de l'irradiation dans les organismes de l'État ou les universités. Pour y arriver, il faut trouver un certain nombre de chercheurs expérimentés. Ainsi donc, la formation en radiobiologie s'impose en même temps. Au Canada, les installations à cette fin sont rares à l'heure actuelle. Dans les réserves possibles de chercheurs scientifiques compétents, il y a quelques professeurs que le sujet intéresse, mais qui travaillent dans l'isolement; il y a en outre les deux groupes qui ont à peu près atteint les proportions critiques: l'Institut ontarien du cancer et l'*Atomic Energy of Canada Limited*. Le dernier des deux groupes ne s'est pas encore engagé dans la voie de la formation.

#### *Comparaisons entre l'aide canadienne et celle d'autres pays*

H. B. NEWCOMBE

Comme le Canada est un pionnier dans le développement de l'énergie nucléaire, il est responsable, avec d'autres pays engagés dans la même voie, des questions de sécurité durable de ces entreprises. Cela comporte la nécessité de saisir les conséquences probables de l'irradiation pour les peuples comme pour les particuliers, à l'heure actuelle comme à l'avenir, alors que l'utilisation de l'énergie atomique sera plus répandue. Il semblerait donc à propos d'examiner les initiatives du Canada dans ces domaines, en comparaison de ce qu'ont fait les autres pays qui partagent les mêmes intérêts.

Il y a bien des moyens de se convaincre fermement que le volume de travaux effectués en biologie de l'irradiation au Canada est moins que suffisant. Par exemple, ils sont d'une rareté remarquable les rapports sur les travaux de recherches effectués par des Canadiens sur les effets de l'irradiation, qui sont présentés à des réunions scientifiques comme celles de la Société de recherches sur l'irradiation (Tableau IV), du Congrès international des recherches sur l'irradiation, de la Société de génétique d'Amérique, de la Société de génétique du Canada, et du Congrès international de la génétique. On peut conclure la même chose d'après le nombre de rapports publiés par les laboratoires canadiens dans des journaux scientifiques pertinents. En outre, bien que l'*Oak Ridge National Laboratory* (l'institution américaine le plus souvent comparée à Chalk River) ne soit, dans l'ensemble, que deux fois plus étendu que l'installation canadienne, puisqu'il emploie environ 5,000 personnes en tout, en comparaison de 2,400 à Chalk River, la Division de biologie d'Oak Ridge (à l'exclusion de la physique de santé) est à peu près dix fois plus grande que la Division de biologie de Chalk River; elle compte environ 280 employés en comparaison des 26 personnes affectées à des travaux identiques à Chalk River.

Un examen plus approfondi vient confirmer ces impressions, bien que toute comparaison cloche. Pour cette raison, les comparaisons établies avec les États-Unis, l'Angleterre et l'Italie, qui figurent dans le tableau IV, sont faites à partir de divers éléments de base (population, richesse, dépenses pour le perfectionnement dans le domaine de l'énergie nucléaire, et le reste). Le tableau porte surtout sur les recherches relatives aux effets de l'irradiation par rapport aux programmes d'énergie atomique.

Les sommes globales, de toute origine, dépensées chaque année aux États-Unis et au Canada à l'heure actuelle pour l'étude des problèmes de l'irradiation correspondent à  $\$6.3 \times 10^7$  et  $\$1.3 \times 10^6$  respectivement, soit environ 50 fois plus dans un cas que

TABLEAU IV

RECHERCHES EFFECTUÉES AVEC L'AIDE DE L'ÉTAT SUR LES EFFETS BIOLOGIQUES DE L'IRRADIATION  
COMPARAISON ENTRE LE CANADA ET D'AUTRES PAYS \*

| Base de comparaison   | Autres pays            | Canada                 | Rapport entre<br>les autres pays<br>et le Canada | Différence |
|---|------------------------|------------------------|--|------------|
| ÉTATS-UNIS — CANADA (1956-1957)   |                        |                        |  |            |
| Population .....  | $1.7 \times 10^8$      | $1.6 \times 10^7$      | 10   |            |
| Produit national brut .....   | $\$4.1 \times 10^{11}$ | $\$3.0 \times 10^{10}$ | 13   |            |
| Recettes et dépenses de l'État .....  | $\$6.9 \times 10^{10}$ | $\$5.1 \times 10^9$    | 13   |            |
| Recherches en énergie atomique, chimie, métallurgie, physique (maximum) .....         | $\$5.1 \times 10^7$    | $\$4.0 \times 10^6$    | 13   |            |
| Recherches en énergie atomique, chimie, métallurgie, physique (minimum) .....         | $\$4.7 \times 10^7$    | $\$2.6 \times 10^6$    | 18   |            |
| Recherches sur les réacteurs et perfectionnement .....                                | $\$2.6 \times 10^8$    | $\$8.7 \times 10^6$    | 30   |            |
| Recherches sur les effets biologiques: AEC-AECL .....                                 | $\$2.2 \times 10^7$    | $\$1.9 \times 10^5$    | 120  | 4-12 fois  |
| Nombre de communications, Société de recherches sur l'irradiation (1953-1960) * ..... | $8.0 \times 10^2$      | $8.0 \times 10^0$      | 100  | 3-10 fois  |
| ROYAUME-UNI — CANADA (1957)   |                        |                        |  |            |
| Population .....  | $5.2 \times 10^7$      | $1.6 \times 10^7$      | 3  |            |
| Produit national brut .....   | $\$6.2 \times 10^{10}$ | $\$3.1 \times 10^{10}$ | 2  |            |
| Recettes et dépenses de l'État .....  | $\$1.4 \times 10^{10}$ | $\$5.1 \times 10^9$    | 3  |            |
| Recherches sur les effets biologiques: MRC Harwell *** AECL .....                     | $\$1.0 \times 10^6$    | $\$1.9 \times 10^5$    | 5  | 2-3 fois   |
| ITALIE — CANADA (1960)  |                        |                        |  |            |
| Population .....  | $5.0 \times 10^7$      | $1.7 \times 10^7$      | 3  |            |
| Recettes et dépenses de l'État .....  | $\$5.8 \times 10^9$    | $\$5.3 \times 10^9$    | 1  |            |
| Énergie atomique .....  | $\$1.8 \times 10^7$    | $\$1.9 \times 10^7$    | 1  |            |
| Recherches sur les effets biologiques: CNEN-AECL .....                                | $\$1.2 \times 10^6$    | $\$2.2 \times 10^5$    | 6  | 2-6 fois   |

\* Toutes les sommes sont exprimées en dollars canadiens.

\*\* Pas toujours avec l'aide de l'AEC ou de l'AECL.

\*\*\* N'englobe pas des travaux connexes à quatre autres unités MRC.

dans l'autre. Si l'on exprime ces sommes comme fractions du produit national brut des deux pays, les dépenses du Canada sont quatre fois moins élevées. Toutefois, nous sous-estimons ainsi peut-être le véritable écart, parce que presque les deux tiers des montants dépensés au Canada sont affectés à des études qui ne se rapportent pas aux effets biologiques de l'irradiation (par exemple, la dosimétrie et le comportement des produits de fission). Les dépenses au titre des recherches effectuées, en 1956-1957, avec l'appui de l'A.E.C.L., sur les effets de l'irradiation, toujours représentées comme pourcentage du produit national brut, ont été de neuf fois moins élevées qu'aux États-Unis pour le même genre de travaux. Depuis 1958, l'écart s'est accentué, vu le nombre sans cesse croissant des études aidées par la Commission de l'énergie atomique des États-Unis et l'absence de changements dans les travaux correspondants effectués au Canada; les budgets respectifs des deux pays au titre des recherches sur les effets de l'irradiation se chiffrent par  $3.2 \times 10^7$  et  $2.3 \times 10^5$ , les montants étant exprimés comme fractions du produit national brut.

La comparaison établie avec la Grande-Bretagne tend à sous-estimer les travaux accomplis dans ce pays. Ne figure pas dans le tableau IV une somme considérable dépensée pour des travaux connexes dans quatre unités du Conseil médical de recherches (en matière de radiopathologie, de recherches cliniques, de statistique, et de génétique des populations) ainsi que dans d'autres établissements de recherches (notamment l'hôpital Mount Vernon, l'hôpital Royal Marsden, l'Institut de recherches Chester Beatty et le département de la radiothérapeutique à Cambridge). Une estimation prudente montre que l'effort canadien est probablement inférieur, par rapport à celui de la Grande-Bretagne, dans une proportion de 4 à 5 fois, toujours en comparaison du produit national brut.

La statistique italienne donne les fonds autorisés pour les quatre prochaines années plutôt que les sommes véritablement dépensées. Sur le montant qui figure sous la rubrique recherches biologiques, environ 8 p. 100 des sommes seront affectés à des études sur la contamination du milieu et les 92 p. 100 qui restent seront assignés à des travaux sur les effets de l'irradiation, ce dernier montant représentant environ 6 p. 100 du budget total pour l'énergie atomique. Comparées à ces données, les dépenses faites au Canada sont de 2 à 6 fois plus faibles.

Aucune comparaison avec l'Euratom ne figure dans le tableau IV. Notons cependant que, sur un budget annuel de  $4.2 \times 10^6$ , environ  $3.0 \times 10^6$ , soit 80 p. 100, sont affectés à la recherche sur les effets biologiques.

Ces comparaisons révèlent bien uniformément que l'apport du Canada à la compréhension des effets de l'irradiation est bien loin de ce qu'on pourrait raisonnablement espérer, vu ce qu'il a fait dans le développement de l'énergie nucléaire.

#### *La Commission de l'énergie atomique des États-Unis*

M. R. ZELLE

(d'après un rapport de J. M. Naylor et H. B. Newcombe)

Aux termes de la charte de la Commission de l'énergie atomique des États-Unis, la Division de la biologie et de la médecine de cet organisme a pour première mission de s'occuper de sécurité. Pour qu'elle puisse s'acquitter efficacement de son mandat, on juge nécessaire « de connaître tout ce qu'il est possible d'apprendre à propos des effets de l'irradiation, tant en quantité qu'en qualité ». Il s'est ensuivi qu'on a insisté sur la biologie fondamentale.

On peut résumer ainsi l'expansion de l'activité de la Division depuis 12 ou 13 ans:

- (1) le nombre des chercheurs scientifiques est passé de 880 en 1948, à 2,360 en 1960;
- (2) les immobilisations sont passées de 14 millions de dollars en 1948, à une somme

prévue de 56 millions en 1961; et (3) le montant du budget au titre du programme a monté de 11 millions de dollars en 1941, à plus de 54 millions en 1961.

Sur le budget de 1961, 19.3 millions de dollars seront dépensés pour des programmes en dehors des installations fixes, tandis que les 35 autres millions seront affectés à quelque 15 laboratoires dits « fixes ». Environ 17 millions et demi de dollars sont dépensés dans les laboratoires nationaux d'Oak Ridge, Argonne et Brookhaven. Les 17 autres millions et demi sont répartis entre environ 10 autres laboratoires et projets importants, tandis qu'un million et demi est dépensé à la Division de la physique de santé, à Oak Ridge.

Les travaux ne sont pas tous effectués aux États-Unis. La Commission de l'énergie atomique a financé, depuis ses débuts, le programme de la Commission des victimes de la bombe atomique, au Japon. Un institut italien de recherches sur la mutabilité humaine (à Pavie, sous la direction du professeur Cavalli), dont les objectifs sont à peu près les mêmes que ceux de l'étude effectuée au Canada, dans la province de la Colombie-Britannique, sur la génétique de la population humaine, est aidé conjointement par l'A.E.C. des États-Unis et la Commission de l'énergie atomique de l'Italie. En outre, environ 25 contrats de recherches avec les universités et les instituts de recherches d'autres pays sont en vigueur.

Environ 60 p. 100 du budget de 1961 est affecté aux études des effets biologiques de l'irradiation. Voici la ventilation de cette activité en matière de recherches:

|  | Milliers<br>de dollars | Pour-<br>centage |
|--|------------------------|------------------|
| Génétique .....                            | 3,885                  | 7.2              |
| Effets somatiques aigus et retardés        |                        |                  |
| irradiation externe .....                  | 10,637                 | 19.6             |
| émetteurs internes .....                   | 4,520                  | 8.3              |
| Prophylaxie et thérapie .....              | 2,685                  | 5.0              |
| Science étrangère .....                    | 6,368                  | 11.9             |
| Biologie moléculaire .....                 | 5,646                  | 10.4             |
| Cancer .....                               | 4,713                  | 8.7              |
| Toxicité chimique .....                    | 776                    | 1.4              |
| Instrumentation et physique de santé ..... | 5,065                  | 9.4              |
| Océanographie .....                        | 1,530                  | 2.8              |
| Effets civils .....                        | 1,060                  | 2.0              |
| Applications avantageuses .....            | 5,052                  | 9.3              |
| Outillage .....                            | 2,263                  | 4.2              |
|  | <hr/>                  | <hr/>            |
|  | 54,200                 | 100.2            |

Sans compter une somme additionnelle de 3.3 millions de dollars affectés à la formation et à l'enseignement.

L'expansion constante du programme de la Division de biologie et de médecine de la Commission de l'énergie atomique des États-Unis prouve qu'on admet les problèmes de l'existence en présence des sources d'énergie nucléaire. Toutefois, l'augmentation ne s'est faite qu'à un rythme qui correspond à peu près au tiers du rythme d'expansion de toute l'activité de la Commission de l'énergie atomique.

On a continué, de façon générale, à insister sur la biologie élémentaire sous la direction d'un organisme consultatif technique au sein duquel il y avait des représentants de bien des branches de la science: génétique, biochimie, physique, radiologie et médecine.

## SECTEURS SPÉCIAUX D'ÉTUDE

*Mécanismes génétiques*

M. DEMEREC

(d'après un rapport de J. M. Naylor et H. B. Newcombe)

Il faudrait insister fortement sur l'utilisation d'une grande variété de sujets d'expérimentation dans les études des problèmes d'irradiation. Les progrès futurs dans le domaine de la biologie de l'irradiation en dépendront probablement, tout comme, par le passé, toutes les découvertes importantes en génétique ont été rendues possibles parce qu'on a su utiliser l'organisme le plus approprié au problème particulier. On peut prouver cette assertion en faisant une revue des découvertes les plus significatives faites durant chaque décennie depuis la redécouverte des lois de Mendel.

(1) On a établi la généralité de la découverte de Mendel durant la première décennie. On a découvert, depuis, que les conclusions s'appliquent même aux bactériophages, tant les caractéristiques des parents que les types recombinants qui surviennent dans les descendants à la suite d'infections mixtes. Ainsi donc, la découverte de Mendel dans les plantes constitue une loi biologique fondamentale dont l'application s'étend des virus bactériens aux organismes les plus parfaits.

(2) Durant la deuxième décennie, la drosophile a été utilisée (par Morgan) pour prouver que les gènes sont disposés en lignes le long des chromosomes. On en a confirmé plus tard le fait dans le maïs, l'antirrhine et bien d'autres organismes.

(3) Durant la troisième décennie, on a assisté à la découverte de changements provoqués dans le gène, par le rayon X, dans la drosophile, l'orge et, plus tard, dans bien d'autres espèces.

(4) Au cours de la quatrième décennie, Auerbach prouva que les produits chimiques (par exemple, le gaz moutarde) provoquaient également des changements dans le gène.

(5) Durant la cinquième décennie, on a fait plusieurs découvertes importantes sur la structure biochimique du gène. Les vieilles méthodes auxquelles on avait recours pour étudier la séquence des gènes le long des chromosomes, par voie d'analyse de recombinaison génétique, avaient une bien plus grande puissance de sélection quand on les appliquait aux micro-organismes. Dans le cas des bactéries, par exemple, on peut déceler des cellules uniques variant génétiquement en présence de jusqu'à  $10^{11}$  cellules non variantes. Grâce à ces méthodes, on peut diviser le gène même en unités ou nids bien plus petits; il peut y avoir de 1,000 à 2,000 nids individuellement distincts par gène. On a découvert que l'acide nucléique pouvait révéler des renseignements génétiques; il existe sous forme d'une double chaîne, en paires de base, de thymine-adenine et de guanine-cytosine. Dans les bactériophages, il y a environ 2,000 de ces paires nucléotides de base par gène. Grâce à des études de recombinaison génétique, il est possible de séparer des distances de 3.4 angstroms entre les changements de mutation dans la molécule d'acide nucléique.

Durant la même décennie, et à l'autre extrémité du spectre des êtres vivants, on a découvert qu'une maladie des humains, appelée anémie à hématies falciformes, était déterminée par un seul gène qui se traduit par une seule différence dans la séquence des amino-acides dans la portion protéine de l'hémoglobine. Cela confirme la théorie selon laquelle c'est au gène que s'applique la codification utilisée dans la constitution de la molécule de l'hémoglobine. Ainsi donc, durant la dernière décennie, de grandes découvertes ont résulté des travaux effectués sur les micro-organismes d'une part, et sur les humains, d'autre part, ce qui a eu pour résultat de stimuler encore davantage les travaux de recherches (souvent au niveau des molécules) dans bien des laboratoires.

Comment appliquer cela à l'étude des effets génétiques causés par les rayons X ? Dans la salmonelle, on peut classer les mutations géniques comme attribuables soit à des changements minimes dans un seul nid touchant une petite partie seulement du *genelocus*, soit à des suppressions de courtes régions de matière chromosomique correspondant à un certain nombre de nids, soit à des suppressions de longues régions correspondant à une partie substantielle de tout le gène. Les proportions de ces divers genres de mutation génique dépendent des circonstances dans lesquelles les changements sont survenus: mutations spontanées et celles provoquées par les rayons X, les rayons ultraviolets, et le produit chimique 2-aminopurine, chacune comportant des proportions de trois sortes, différant par leurs caractéristiques. Aux deux extrêmes, plus de 40 p. 100 des mutations provoquées par les rayons X entrent dans la catégorie des suppressions de longues régions, tandis que toutes celles qui sont provoquées par le produit 2-aminopurine correspondent à des changements dans une seule location.

On s'est aperçu que le milieu externe influait sur la production des longues suppressions; ce genre de modification doit être attribuable à un effet indirect de l'irradiation dans la cellule. Les sortes de mutation sur lesquelles n'influe pas l'ambiance extérieure au moment de l'irradiation sont attribuables à l'action directe de la radiation.

Les études actuelles prouvent l'utilité des micro-organismes quand il s'agit d'explorer dans le moindre détail l'étendue et la position de la ligne d'acide nucléique de la partie d'un gène qui se trouve modifiée au cours de la mutation. Les mécanismes génétiques primaires sont semblables dans tous les organismes; il est donc raisonnable de faire des recherches de base en utilisant l'organisme le plus approprié au problème.

Bien qu'il existe maintenant une méthode d'une puissance de sélection exceptionnelle qui permet d'étudier la structure biochimique des gènes mutants provoqués par l'irradiation, on n'aurait pas pensé que les découvertes des quelque dix dernières années, qui ont mené à cette technique, étaient de la biologie de l'irradiation.

### Génétique humaine

N. FORD WALKER et J. M. NAYLOR

Les problèmes se prêtent à une étude dans un pays comme le Canada selon les facilités, l'intérêt du gouvernement et du public, et l'étendue de l'appui financier. Il y a bien des enquêtes sur l'hérédité humaine qu'on pourrait faire avec profit au Canada, surtout là où l'on peut appliquer de nouvelles méthodes à de vieux problèmes. C'est particulièrement vrai des études de la mutation et de son importance dans les populations humaines.

Il faudrait insister sur la nécessité de faire des observations répétées dans la génétique humaine. Pour ne citer qu'un exemple, les diverses estimations du taux de mutation naturelle dans un gène, causant l'*achondroplasie* (une forme de nanisme révélant habituellement une hérédité dominante) ont varié par plus que des ordres de magnitude — soit des valeurs de 10, 13, 14, 43, 68 et 142 respectivement par million gamètes. Non seulement nous faut-il plus de données, mais il faut examiner plus souvent les méthodes d'utilisation des données. Dans cet exemple en particulier, on a découvert une erreur dans la façon selon laquelle l'aptitude à la reproduction avait été utilisée dans les calculs et, une fois les rectifications effectuées, l'écart fut sensiblement réduit, les valeurs susmentionnées devenant 9, 13, 11, 9, 14 et 28 respectivement.

On considère qu'il vaut bien la peine d'effectuer d'autres études sur la fréquence accrue des nains *achondroplastiques* parmi les descendants de parents âgés, qui laisse supposer une accumulation de mutations dans les tissus reproducteurs du mâle, accumulation qui accompagne le vieillissement. Chaque fois qu'on examine ainsi l'influence du vieillissement des parents sur la fréquence des diverses maladies héréditaires, il serait peut-être avantageux d'observer également les dispositions chromosomiques et les dis-

positions *dermatoglyphiques* chez les descendants (l'importance de la triple association ayant été amplement prouvée dans le cas du mongolisme).

Les études des effets de l'âge des parents sur la proportion des sexes chez leurs descendants peuvent servir à révéler une accumulation possible de mutations létales rétrogrades dans les chromosomes X des mères au cours de leur vie. Toutefois, la principale faiblesse de toute étude semblable portant sur deux générations réside dans le fait qu'il n'y a aucun moyen de tenir compte des effets possibles des changements du milieu intra-utérin qui, également, surviennent à mesure que la mère vieillit. Appleyard, voulant éviter cette difficulté, a proposé l'étude de trois générations, dans laquelle la proportion des sexes est comparée à l'âge de la grand-mère maternelle; Vavalli, utilisant cette méthode, a fait des études préliminaires en Italie. On a pensé à étendre peut-être les cadres de la méthode des trois générations afin de tenir compte de certaines maladies héréditaires, puisqu'on possède déjà certaines preuves qu'il existe une relation dans le cas de certains états. Dans toute étude de ce genre, la quantité de renseignements dont on dispose quant aux antécédents tend à devenir un facteur restrictif, et quand il s'agit d'utiliser la proportion des sexes, selon la méthode des trois générations, il faut une très grande quantité de renseignements sur la famille.

La dystrophie musculaire du type Duchenne, un état qui révèle une hérédité reliée au sexe, a été donnée comme un exemple d'une maladie héréditaire sur laquelle on a accumulé plus de renseignements au Canada que partout ailleurs. Le travail de Soltan (commencé à l'université de Toronto) repose sur l'étude de 121 familles, en comparaison de 18 familles dans l'Utah, 36 en Irlande du Nord et 16 en Angleterre, décrites dans des études antérieures. On peut estimer, à partir de données de ce genre, les taux de mutation pour les gènes ayant un rapport avec le sexe, mais l'exactitude de ces estimations demeurera douteuse tant qu'on n'aura pas beaucoup plus de renseignements sur l'aptitude à la reproduction des « porteurs » cachés de gènes qui ne sont pas eux-mêmes atteints. Les porteurs indemnes (de gènes rétrogrades ayant un rapport avec le sexe) seront tous du sexe féminin et peuvent être identifiés positivement dans l'historique des mâles atteints quand ils figurent comme mères (ou grand-mères maternelles). On aura des renseignements suffisants sur l'aptitude à la reproduction des porteurs uniquement si l'on peut obtenir les historiques de familles en quantités suffisantes.

Les études des taux, chez l'homme, des mutations provoquées par l'irradiation sont excessivement difficiles, mais il faut envisager deux méthodes. Premièrement, il peut arriver qu'on découvre éventuellement des moyens de déceler les mutations spécifiques de locus dans les cultures de cellules humaines; voilà un des principaux objectifs à long terme des travaux effectués à l'heure actuelle dans la culture des tissus. Toutefois, l'influence du milieu artificiel sur le taux de mutation doit être évaluée; pour cela on utilisera des mammifères (comme la souris) et l'on mesurerait et comparerait les taux de mutation tant *in vitro* (en éprouvette) qu'*in vivo*. C'est alors seulement qu'on pourrait considérer comme sûre, en toute probabilité, une extrapolation de la culture de tissus humains à des cellules de germe humain. On a appelé, pour des raisons évidentes, cette façon de procéder, la méthode du « parallélogramme ».

Deuxièmement, quand il s'agit d'étudier toutes les mutations provoquées par l'irradiation dans une partie substantielle du génome humain (distinctement des mutations spécifiques de locus), la proportion des sexes semble fournir le moyen le plus approprié de détection dont nous disposions à l'heure actuelle. Nous avons déjà signalé la faiblesse de l'étude de deux générations à partir de la proportion des sexes quand nous avons parlé de la mesure des taux de mutation spontanée. Le seul espoir que nous ayons d'éclaircir cette méthode semble se trouver dans l'étude de trois générations où l'on établit un rapport entre la proportion des sexes et l'irradiation des grands-parents (et en particulier de la grand-mère maternelle). On est en voie de trouver une solution, à d'autres fins, à la difficulté purement technique qui se pose quand il s'agit de suivre, durant toute leur vie de reproduction, les groupes nécessairement nombreux de personnes irradiées.

Il faut également méditer sur la question que le *Comité des Nations Unies sur les effets des radiations atomiques* a posée à l'*Organisation mondiale de la santé*. Cette question comporte deux parties: (1) Quel est le « fardeau » des maladies et invalidités héréditaires dans les populations humaines, et (2) quelle partie de cette charge est maintenue dans la population par les mutations répétées d'origine naturelle ?

Quant à la première partie de la question, nous avons l'estimation de Stevenson \* fondée sur dix années de travaux en Irlande du Nord; selon lui, à peu près quatre enfants par 100 naissances seront gravement atteints au cours de leur vie par des états qui sont surtout ou en partie déterminés par des facteurs génétiques (environ 25 p. 100 des lits des hôpitaux et des institutions sont occupés par ces personnes). Ajoutons que de telles estimations détaillées n'ont pas encore été publiées pour aucun autre pays.

Les réponses à la seconde partie de la question prêtent encore beaucoup à controverse. Certains prétendent qu'un quart de ce fardeau (c'est-à-dire les états touchant 1 p. 100 de tous les enfants naissants) est peut-être présent dans la population à cause de mutations naturelles répétées. Mais, jusqu'ici, les tentatives systématiques en vue de découvrir les sortes de preuves appropriées, sur une échelle satisfaisante, ont été rares en effet.

Chacune des parties de la question a sa propre importance. En outre, tant que nous ne pourrons pas évaluer les conséquences des mutations d'origine naturelle, il sera impossible de dire quel tort, par exemple, une duplication du taux de la mutation pourrait causer.

De façon générale, les méthodes d'étude de la mutabilité humaine doivent reposer sur des renseignements d'antécédents suffisants et, dans le cas de certaines études, il faudra aussi des renseignements cliniques. L'une ou l'autre catégorie peut être un facteur restrictif et, dans bien des sortes d'études, ce serait bien mieux d'avoir des renseignements essentiellement complets sur la famille pour de grandes populations. On a mis au point récemment, au Canada et en Italie également, des méthodes permettant d'extraire ces renseignements, sous forme utilisable, des registres des naissances, des mariages et des décès; il en a été question aussi au cours d'un récent colloque des Nations Unies et de l'Organisation mondiale de la santé (voir le colloque sur l'utilisation des archives démographiques et hygiéniques pour les études sur la génétique et l'irradiation [doit être publié par les Nations Unies]).

Certaines des questions posées sur la génétique des populations humaines comportent des implications médicales; cependant ce n'est pas vrai de toutes. Les études des proportions des sexes par rapport à l'âge de la grand-mère maternelle, par exemple, ne sembleront, à première vue, ni médicales ni immédiatement pratiques. Les études des actions de la *sélection*, et de la *mutation*, qui maintiennent certains gènes dans la population, peuvent parfois sembler avoir un caractère médical, mais on peut aussi recourir à des caractéristiques qui revêtent peu d'intérêt médical pour étudier les mécanismes fondamentaux. En pratique, les études plus fondamentales des populations humaines et de leur structure génétique peuvent souffrir du manque d'appui en comparaison de celles qui ont des objectifs pratiques directs. Et pourtant, on a également besoin des méthodes appliquées et fondamentales à chaque palier d'organisation dans les organismes vivants, les populations ne faisant pas exception à la règle.

Enfin, une bonne partie de l'hérédité de l'homme est déterminée par un nombre considérable de gènes, dont chacun a peu d'effets. Un bon nombre de ses plus importantes caractéristiques, sa taille, sa longévité, sa dextérité manuelle, son intelligence, sa stabilité mentale et son imagination, sont toutes déterminées dans une très grande mesure par ces « polygènes ». On sait peu de choses des effets de l'irradiation sur ces

---

\* Rapport sur le Comité scientifique des Nations Unies sur les effets de la radiation atomique, 1958.

caractéristiques (bien qu'on ait fait des calculs) ou sur les facteurs qui normalement influent sur la composition de ces groupes de gènes dans les populations humaines. On commence à peine à mettre au point des méthodes appropriées et l'on peut considérer, bien à raison, les travaux effectués dans ce secteur général comme de la « recherche fondamentale ». Malheureusement, ces travaux n'entrent pas clairement dans le domaine de compétence d'aucun parrain officiellement désigné à l'heure actuelle.

*Études somatiques et génétiques : programmes d'envergure*

M. R. ZELLE

(selon un rapport de J. M. Naylor et H. B. Newcombe)

Certaines des questions pratiques les plus urgentes portent sur les effets des faibles doses et de l'intensité des doses sur les populations humaines. Il est impossible d'y répondre (même en ce qui concerne les organismes d'expérimentation) sans suivre un très grand nombre de sujets durant des périodes de temps très longues. C'est vrai, qu'il s'agisse d'un effet génétique ou somatique. Les expériences pertinentes faites sur des mammifères sont donc très dispendieuses. C'est probablement parce que des sommes bien plus fortes étaient affectées à des travaux nucléaires qu'on a obtenu que soit autorisé le premier de ces vastes programmes (c'est-à-dire les études de Russell sur la mutation de la souris, à Oak Ridge).

Les études de Russell ont à l'heure actuelle un budget annuel de \$600,000. Depuis 12 ans qu'elles durent, 48 documents scientifiques et 49 extraits traitant des résultats ont été publiés \*. On admet partout la valeur scientifique et pratique de ces travaux.

On dépense un montant à peu près semblable (\$400,000 environ par année) pour obtenir des renseignements sur les truies. Ce programme vise particulièrement à obtenir des renseignements sur les effets de l'irradiation sur divers traits quantitatifs (polygéniques) englobant les caractéristiques de comportement. Les animaux de ferme, quoique gros, offrent des avantages spéciaux pour ces travaux, en ce que les méthodes d'élevage économique en grand nombre sont déjà bien établies et le produit (c'est-à-dire l'animal même) a une valeur commerciale, de sorte que les recettes des ventes peuvent compenser en partie le coût des études.

On est en voie de mettre en marche deux autres vastes expériences; les deux visent à accélérer les effets somatiques (leucémies, tumeurs des os et l'abrègement de la vie) de l'exposition à de faibles niveaux d'irradiation. Un des programmes portera sur les effets des émetteurs internes et sera exécuté au laboratoire national d'Argonne; l'autre, qui porte sur les effets de l'irradiation externe, sera mis en œuvre à Oak Ridge. Comme on doit étudier l'abrègement de la vie de même que les effets carcinogéniques, on a décidé d'aménager deux installations au coût de \$800,000 chacune en vue de l'élevage de souris exemptes de pathogènes. On espère que les frais d'exploitation ne seront pas plus élevés que ceux des expériences de Russell; il y aura deux fois plus d'animaux (aux laboratoires de Russell, il y a toujours environ 125,000 souris), mais le remplacement sera bien moins rapide que dans les études génétiques.

Dans une autre étude portant plus particulièrement sur les accidents, on étudie les effets, sur les chiens, de l'inhalation de produits mêlés de fission. Les installations à cette fin (y compris les chambres d'irradiation) ont coûté un million et demi de dollars; les expériences mêmes s'étendent sur une très longue période et coûtent très cher.

Des expériences plus considérables pourraient être une pure perte si elles ne sont pas bien organisées. Toutefois, le succès des études de Russell a donné à la Commission

\* Russell, E. L., L. B. Russell et E. F. Oakberg, 1958. Génétique de l'irradiation chez les mammifères, dans « Biologie et médecine de l'irradiation », « Selected Reviews in the Life Sciences », Ed. Walter D. Claus, « Addison-Wesley Publ. Co. Inc. », Reading.

de l'énergie atomique des États-Unis le courage d'en tenter d'autres, quand il est impossible de trouver autrement les réponses à des questions importantes. Bien que l'envergure de ce programme puisse paraître impressionnant, il y a encore d'autres problèmes à étudier sur une échelle semblable et qu'on n'a pas encore abordés.

*Biophysique et Biologie moléculaire*

H. E. JOHNS

(d'après un rapport de J. M. Naylor et H. B. Newcombe)

Il fut un temps où la physique de l'irradiation portait surtout sur la dosimétrie par rapport à la thérapie de la radiation dans les cliniques de cancer. Toutefois, l'intérêt des physiciens de l'irradiation s'est élargi depuis, et porte sur une grande variété de travaux d'expérimentation sur l'interaction de l'énergie rayonnante, des cellules vivantes et des molécules biologiquement importantes. Les études peuvent se faire à quatre paliers, la complexité augmentant d'un palier à l'autre: *a) radiobiologie moléculaire* — études des produits de l'eau irradiée, de la résonance de spin de l'électron et de la photodécomposition des bases de purine; *b) radiobiologie cellulaire* — études visant à découvrir où les rayons X arrêtent la croissance normale des cellules (ces travaux sont paralysés à l'heure actuelle par le manque de connaissances fondamentales de la biologie de la cellule); *c) effets au niveau tissulaire* — dans ces études, on utilise des portions transparentes ou des oreilles de lapin afin de suivre la croissance des vaisseaux sanguins; *d) effets sur tout le corps* — par exemple, les études sur des transplantations de moelle d'os ou de foie dans des animaux de laboratoire et des humains, après irradiation.

On n'arrivera à comprendre les effets de l'irradiation, à chacun de ces paliers, que dans la mesure où l'on possédera une connaissance de la biologie moléculaire et cellulaire fondamentale. Le fait qu'on a découvert récemment que l'acide deoxyribonucléique peut se trouver en disposition uniligne dans certains virus bactériens n'est qu'un exemple du genre de renseignements biologiques qui peuvent influencer sur notre compréhension, à l'avenir, de la base moléculaire des changements provoqués par l'irradiation dont les effets se font sentir à d'autres paliers ou dans d'autres sortes d'organismes.

Il faut se demander qui devrait financer ces études de base. Les solutions de bien des problèmes pratiques (dont certains portent sur le cancer et d'autres sur les effets de l'irradiation) dépendront sans doute des découvertes biologiques au niveau moléculaire. Il se peut pourtant qu'il ne suffise pas d'être aidé financièrement dans les travaux de recherches fondamentales uniquement grâce à des programmes pratiques dont les buts sont assez étroitement définis, puisqu'il est souvent difficile d'établir la pertinence précise d'une étude particulière tant qu'elle n'est pas avancée.

En outre, la radiobiologie moléculaire est un secteur qui touche plusieurs branches de la science, où les physiciens, les chimistes, les généticiens et d'autres travaillent ensemble et, souvent, cessent d'être étroitement identifiés à la science dans laquelle ils sont spécialisés. Ainsi donc, il n'est pas certain qu'il faille demander des subventions de recherches au nom de la physique, de la biologie, de la médecine ou de quelque autre branche de la science. Ces pensées révèlent qu'il faut que les études fondamentales et les études qui touchent plusieurs disciplines soient subventionnées individuellement.

On peut expliquer par un exemple concret. Souvent, les biophysiciens ont considéré les virus bactériens comme une des formes les plus simples de vie qui, de ce fait, se prêtent particulièrement bien à une étude physique. Toutefois, ceux qui peuvent le mieux s'acquitter de ces travaux sont habituellement ceux qui connaissent à fond toutes les complexités de cet organisme. On se demande souvent si ces personnes doivent encore être considérées comme des physiciens, ou comme des gens qui sont passés de la physique à la biologie. Ce qui importe, c'est que l'aide ne manque pas uniquement à cause de cette difficulté sémantique.

*Discussion de secteurs spéciaux d'étude*

J. M. NAYLOR et H. B. NEWCOMBE

L'attention du public est surtout tournée vers les retombées provenant des essais d'armes nucléaires, mais ce ne sont pas, à l'heure actuelle, les principales sources d'irradiation des humains. Cet intérêt a cependant été utile: il a fait ressortir notre manque de connaissances scientifiques quantitatives, surtout quand il s'agit de faibles doses et de faibles intensités de dose.

Les niveaux maximums tolérables pour les populations, émanant des utilisations futures de l'énergie atomique à des fins pacifiques et proposés à l'heure actuelle aux fins de la planification, sont cinquante fois plus élevés que ceux qui proviennent des essais d'armes nucléaires. Il faut maintenant déterminer ces niveaux maximums; mais ils sont nécessairement arbitraires vu le manque de connaissances quantitatives, et c'est dans ce domaine que nous avons peut-être le plus besoin de renseignements scientifiques. Mais ces demandes de conseils pratiques dépassent déjà notre compréhension fondamentale.

Il résultera presque certainement de toute dose répandue sur une vaste population, des dommages de mutation; cependant, on n'a pas encore réglé la question d'un seuil possible quant à la production des effets somatiques. Tout choix prudent ultime concernant les niveaux d'irradiation auxquels on est justifié d'exposer de grandes populations humaines (en raison des bénéfices qu'on peut en tirer et du coût d'une protection additionnelle) dépend nécessairement des évaluations quantitatives des dommages, mais on en est encore loin.

Outre les victimes de l'irradiation retardée, par suite des effets génétiques et somatiques de faibles doses, il y en aura d'autres résultant d'expositions accidentelles et aiguës trop prolongées. Améliorer les méthodes efficaces de traitement, voilà donc un autre des buts pratiques de la biologie de l'irradiation. Le fait d'avoir trouvé des preuves qu'il est possible de transplanter la moelle des os, selon des études effectuées avec des souches provenant de souris et portant des marqueurs chromosomiques morphologiquement reconnaissables, a stimulé bien des travaux dans ce secteur.

Durant les discussions, on a étudié un certain nombre de problèmes irrésolus, portant directement sur les dangers provenant de faibles doses. Mentionnons entre autres: a) *Réaction à une irradiation de tout le corps, à des doses inférieures à 100 rads* — Un des aspects qui découle de l'étude de ce problème semble être la découverte de méthodes biologiques sûres permettant d'estimer ces expositions chez l'homme. Un autre aspect, c'est la découverte de méthodes permettant de suivre l'état d'un grand nombre de personnes exposées à diverses doses faibles afin de savoir si un effet est produit ou non. b) *Toxicologie des isotopes radioactifs ingérés* — La plupart des études faciles du genre ont déjà été faites, mais il reste la tâche difficile d'étudier les effets des faibles niveaux de radiations émises intérieurement. c) *Rapport entre l'irradiation et les fréquences de mutation dans les cellules germinales de l'homme* — Parmi les façons d'aborder directement ce problème complexe, les études de la proportion des sexes chez les enfants, ou encore mieux, chez les petits-enfants des personnes exposées semblent des plus prometteuses, mais il faut suivre des personnes et des familles en grands nombres. Aussi, la mise au point de méthodes indirectes appropriées exige des efforts continus. Les études des mutations dans les tissus somatiques de l'homme sont une façon de s'y prendre; les comparaisons des taux de mutation *in vitro* dans les cellules humaines et de souris, ainsi que des taux de mutation de lignées de germes chez la souris, en sont une autre.

Notre ignorance de la structure génétique des populations humaines nous empêche de comprendre les conséquences de l'augmentation des taux de mutation provoquée par l'irradiation. La fréquence des diverses maladies et invalidités d'origine génétique

n'a pas encore été suffisamment étudiée, la seule étude détaillée qui ait été publiée se limitant à une seule population. Ce qu'on comprend encore moins bien, ce sont les facteurs dont l'action maintient des gènes mutants nocifs dans une population humaine, ainsi que les rôles respectifs joués par la *mutation* d'une part, et la *sélection* d'autre part. En l'absence de tels renseignements sur des populations normales, il est difficile de prédire les effets d'une augmentation provoquée artificiellement du taux de mutation. Il importe en particulier de chercher chez l'homme les effets « hétérotiques » de gènes nocifs spécifiques à l'état latent (rétrogrades ou impénétrants). Pour ces études, il faudra peut-être recueillir des renseignements sur les familles sur une plus vaste échelle qu'on ne l'a fait jusqu'ici. Il s'agit donc de recherches de base et de recherches appliquées sur les populations humaines.

Chaque fois qu'il faut suivre de grands nombres de personnes ou de familles, en vue d'études des effets *somatiques* de l'irradiation ou à des fins *génétiques*, il faut penser à la possibilité d'utiliser les dossiers actuels hygiéniques ou démographiques. Toutefois, il faut recourir à des méthodes spéciales si l'on veut rassembler, sur une échelle statistique satisfaisante, les renseignements relatifs à des événements enregistrés séparément (irradiation, mariage et reproduction, maladies et décès) de la vie des mêmes personnes. On dispose maintenant de méthodes appropriées qui devraient permettre d'étendre la portée de certaines sortes d'études pertinentes.

Pour comprendre la nature des mutations géniques et d'autres sortes de changements provoqués par l'irradiation au niveau moléculaire, il faut étudier la génétique fondamentale et la biologie fondamentale de la radiation. Les méthodes génétiques dont on dispose maintenant pour explorer la fine structure du gène muté peuvent être appliquées aux études sur: *a*) les différences entre les mutations provoquées par l'irradiation et celles d'origine naturelle; *b*) les proportions relatives des changements de mutation provoqués, et provenant de l'action directe ou indirecte de l'irradiation; *c*) les raisons (au niveau moléculaire) expliquant les effets d'intensité observés dans les organismes plus parfaits comme les souris; *d*) la possibilité de réparer une partie des dommages génétiques et la période durant laquelle c'est possible; et *e*) l'aspect de la courbe de la dose-mutation à de très faibles doses. On espère que d'autres méthodes de biologie moléculaire feront la lumière aussi dans le cas de la carcinogénèse, *per se*, ce qui servirait de point de départ à des études plus pénétrantes de l'action de l'irradiation dans la production du cancer. Ainsi, il importe, si l'on veut faciliter la compréhension des effets de la radiation dans les organismes vivants, de stimuler et d'encourager une grande variété de recherches en biologie moléculaire et cellulaire.

Aussi longtemps que la somme des travaux de recherches en biologie de l'irradiation ne sera pas élevée au Canada, il ne sera peut-être pas à propos de se lancer dans des études de très grande envergure sur les animaux, comme celles qui sont faites par la Commission de l'énergie atomique des États-Unis. Entre-temps, toutefois, on pourrait trouver la réponse à quelques-unes des questions difficiles en faisant des expériences portant sur de petits vertébrés (comme le poisson), pour lesquelles les installations sont plus réduites. Des études des difformités congénitales, ou de la production de tumeurs, pourraient, avec ces sujets, être effectuées dans les installations conçues spécialement pour la compacité.

Plusieurs participants à la réunion ont signalé qu'il serait souhaitable d'étendre les programmes d'enseignement et de recherches, en biophysique et en biologie cellulaire, dans les universités et autres institutions canadiennes. Ces programmes porteraient sur les disciplines comme la génétique, la physique et la biochimie, et ils n'auraient de valeur que dans la mesure où l'on retiendrait les services de spécialistes des diverses disciplines, ayant un intérêt commun dans les organismes vivants aux niveaux cellulaire et moléculaire.

Un certain nombre de participants ont parlé de l'idée d'unités de recherches au-delà d'une certaine « étendue critique ». Bien que la chose ne soit pas facile à définir

en termes précis, de façon générale, on veut dire des groupes où les personnes qui ont des intérêts étroitement liés sont assez nombreux pour créer une atmosphère stimulante pour les uns et les autres. On a insisté sur ce concept dans le présent contexte parce qu'une si grande partie des travaux importants en biologie de l'irradiation ont été effectués dans des laboratoires qui correspondent à cette définition.

Par tradition, l'apport du gouvernement du Canada aux recherches fondamentales a pris surtout la forme de subventions destinées à aider des projets de recherches individuels. Ces subventions, encore que très utiles, ne visent pas particulièrement à encourager la formation de groupes de chercheurs scientifiques travaillant à temps continu dans un domaine particulier. Toutefois, M. Mackenzie a donné à entendre que, dans le cas de la biologie de l'irradiation, il se peut que nous ayons atteint l'étape où ce genre d'aide individuelle commence à évoluer, dans les cas appropriés, pour devenir une aide à un institut de recherches.

## SOMMAIRE ET CONCLUSIONS

J. M. NAYLOR et H. B. NEWCOMBE

*(d'après le résumé fait par M. R. K. Appleyard à la fin de la réunion)*

1. L'attitude judicieuse dans la gestion des déchets de l'industrie nucléaire à l'avenir et dans la détermination de limites raisonnables de l'exposition des populations et des personnes par suite de l'utilisation pacifique de l'énergie atomique, exige qu'on aborde le problème des effets de la radiation de façon quantitative et qualitative. Les difficultés de la tâche sont grandes, surtout quand il s'agit de faibles doses et de faibles intensités de doses.

2. L'aide du Canada en matière de recherches sur les effets de l'irradiation est substantiellement inférieure, toutes proportions gardées, à celles d'autres pays avancés et par rapport à son aide pour le développement de l'énergie nucléaire. Toutefois, le fait que le Canada ait parrainé la résolution 1376 (XIV) de l'assemblée générale des Nations Unies révèle clairement qu'il « souhaite que des dispositions soient instamment prises en vue d'accroître (nos) connaissances des effets biologiques de l'irradiation ».

3. Les recherches effectuées sur le plan national, jusqu'ici, ont été motivées surtout par l'inquiétude suscitée par les retombées des essais d'armes nucléaires et ont eu tendance à insister sur le mesurage des niveaux de radiation chez l'homme et dans son ambiance. Ces mesures sont déjà considérablement plus précises que toutes les évaluations des conséquences biologiques probables.

4. Certains besoins spécifiques s'imposent au Canada:

- a) Il faut augmenter le nombre des unités ou instituts pertinents où le nombre des travailleurs scientifiques, dans les domaines connexes, est suffisant pour favoriser la stimulation et la critique réciproques (c'est-à-dire des unités au-delà d'une certaine « grandeur critique »).
- b) Pour attirer et garder des chercheurs scientifiques compétents dans le domaine, il faut une aide à long terme, indépendante des implications politiques passagères du sujet.
- c) Il faut se livrer à des études fondamentales où l'on utilisera chaque fois l'organisme le plus approprié au but poursuivi, soit l'homme soit un virus; les travaux de ce genre ne pourront souvent être classés dans aucune des branches classiques de la science. Dans cette catégorie, il y a une grande variété d'études, depuis celles qui portent sur le fondement moléculaire et cellulaire des dommages de l'irradiation jusqu'à celles qui portent sur les effets de groupes dans les micro-organismes, les mouches et les mammifères.

- d) Il faut effectuer des études des humains et des populations humaines; certaines études se rattachent presque directement aux problèmes médicaux et d'hygiène publique, tandis que d'autres sont plus justement considérées comme des études de base, en démographie et en génétique de populations humaines, d'une espèce nécessaire si l'on veut éventuellement comprendre les conséquences d'une augmentation du taux de mutation provoquée par l'irradiation. Dans cette catégorie générale entrent les études des effets somatiques retardés de diverses doses, de l'étendue des fardeaux actuels des défauts héréditaires, et des rôles respectifs de la mutation et de la sélection dans la détermination des caractéristiques héréditaires des populations.
- e) Les études très difficiles des effets des faibles doses et des faibles intensités de dose doivent être amorcées dans une grande variété d'organismes vivants.

5. On peut s'inspirer un peu de l'expérience résultant du programme de la Commission de l'énergie atomique des États-Unis en matière de biologie et de médecine. Il prête une interprétation générale de ses responsabilités en matière de sécurité à long terme; c'est un programme très vaste (50 millions de dollars par année) et bien au point dans tous les secteurs importants. Ces dernières années, le programme a pris continuellement de l'ampleur, à un rythme qui correspond à peu près au tiers de toute l'activité de la Commission de l'énergie atomique dans l'ensemble. On a progressivement fait porter l'accent sur les études des effets des faibles doses et des faibles intensités de doses.

Il reste encore des questions irrésolues quant aux responsabilités de cet organisme ou d'autres organismes intéressés; ces questions nuisent à la stabilité du programme et affaiblissent la confiance des travailleurs dans sa stabilité. On peut résoudre en partie le problème en traitant la surveillance de la contamination du milieu comme un programme distinct. Le Canada devrait chercher à éviter ces difficultés de juridiction sans sacrifier la possibilité d'une action efficace.

6. On ne pourra trouver la réponse à certaines des questions les plus urgentes qu'en effectuant de vastes expériences biologiques sur une échelle qui n'est devenue acceptable que récemment dans les sciences physiques. Les succès qu'a remportés Russell dans son étude de la génétique de l'irradiation dans les souris, avec un budget annuel de plus d'un demi-million de dollars, ont déclenché la mise en œuvre d'autres études semblables dans des secteurs où elles s'imposent particulièrement; toutes sauf une sont en dehors du domaine de la génétique. Les expériences de Russell, qui ont débuté avec un but appliqué assez direct, ont donné maintenant d'immenses dividendes en génétique fondamentale; on peut en dire autant des travaux de Neel et Shull au Japon, en matière de génétique humaine. Bien que ces études ne doivent pas restreindre le programme de base de recherches, il n'y a, fréquemment, aucun autre moyen de trouver les réponses voulues.

#### LA RECOMMANDATION DU COMITÉ

A la réunion, le Comité a rédigé une recommandation officielle à l'intention de la Société de génétique du Canada pour qu'elle l'étudie et prenne les dispositions appropriées. En voici le texte:

Nous constatons et apprécions ce qui a été fait, par le passé, par le Conseil national de recherches pour la défense, le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social, l'*Atomic Energy of Canada Limited* et d'autres, afin d'aider les recherches en biologie de l'irradiation, et nous les encourageons à continuer.

Toutefois, avec le temps, il est devenu apparent que l'ensemble des efforts ne se compare pas au grand intérêt qui se manifeste dans des domaines où les renseignements scientifiques doivent être avancés selon une formule à long

terme. Il est également évident que les demandes de renseignements pratiques ont dépassé nos connaissances fondamentales.

Nous croyons donc qu'il faut établir un organisme constitué en autorité qui encouragerait effectivement les recherches dans les secteurs où elles ne se font pas de façon efficace. Il semblerait qu'il appartient naturellement au Conseil national de recherches de former un tel organisme.

Dans cette optique, nous faisons la proposition suivante: qu'un comité soit constitué et qu'il fonctionne au début comme un comité associé du Conseil national de recherches, mais que ces attributions soient étendues pour répondre aux besoins en matière de finance, d'organisation et d'appui moral, en vue de recherches pertinentes effectuées sur une vaste échelle.

En rédigeant ce texte, le Comité a espéré que la recommandation aiderait à faire augmenter l'apport du Canada aux recherches sur les effets de l'irradiation, de sorte qu'il deviendrait un complément approprié des progrès déjà réalisés dans le domaine de l'énergie nucléaire. L'appui financier qui s'impose par voie de conséquence, devrait dépasser suffisamment le nombre des chercheurs scientifiques spécialisés pour créer un sens de stabilité susceptible d'attirer dans ce champ d'activité des hommes de science compétents. Le Comité a espéré que les programmes qui en découleraient encourageraient les recherches appropriées sur l'échelle la plus vaste, qui iraient des recherches immédiatement pratiques aux recherches fondamentales, puisant des renseignements sur les effets de l'irradiation d'une grande variété d'organismes vivants, et à des paliers d'organisation (moléculaire, cellulaire, organisme et population), en utilisant les méthodes des diverses disciplines scientifiques pertinentes. L'aide financière ne devrait pas se limiter à une assistance accordée à des chercheurs scientifiques en particulier, mais devrait se transformer graduellement en une espèce d'aide à des institutions. Le Comité a espéré que l'orientation de ces travaux et l'élaboration des principes directeurs serait libre de l'influence dominatrice de toute discipline scientifique et bénéficierait de l'aide de toutes les disciplines, toute proportion gardée.

#### RÉFÉRENCES ET RAPPORTS PERTINENTS

- Bird, P. M., Booth, A. H., et Mar, P. G., 1960. *Rapport annuel, pour 1959, sur le programme d'étude des retombées radioactives*. Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social. Rapport n° CNHW (RP-3).
- Grummit, W. E., James, A. P., et Newcombe, H. B., 1959. *L'analyse des niveaux de strontium 90 dans le lait au Canada, jusqu'à 1958*. Atomic Energy of Canada Limited. AECL n° 908.
- Conseil de recherches médicales. 1956. *Dangers des radiations nucléaires et connexes pour l'homme*. Rapport d'un comité constitué par le Conseil de recherches médicales. Bureau de la papeterie de Sa Majesté. Cdr. 9780, Londres.
- Académie nationale des sciences — Conseil national de recherches. *Effets biologiques de la radiation atomique*. Rapports sommaires. Washington: 1956 et 1960.
- Neel, J. V., et Schull, W. J. 1956. *L'effet de l'exposition aux bombes atomiques sur l'arrêt des grossesses à Hiroshima et Nagasaki*. Académie nationale des sciences — Conseil national de recherches. Publication n° 461. Washington.
- Nations Unies. 1958. *Rapport du comité scientifique des Nations Unies sur les effets de la radiation atomique*. Archives officielles de l'assemblée générale. 13<sup>e</sup> session. Supplément n° 17 (A/3838). New York.
- Organisation mondiale de la santé. 1957. *Effet de la radiation sur l'hérédité humaine*. Rapport d'un groupe d'étude convoqué par l'OMS. Genève.

CHAMBRE DES COMMUNES

Quatrième session de la vingt-quatrième législature

1960-1961

PROCES-VERBAL

COMITÉ SPÉCIAL

DES

RECHERCHES

Président: M. J. W. MURPHY



PROCÈS-VERBAUX ET TÉMOIGNAGES

Fascicule 29

ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED

SÉANCE DU MARDI LE 20 JUIN 1961

TÉMOINS:

De l'Atomic Energy Control Board: Dr. C. J. Mackenzie, président; M. G. M. Jarvis, secrétaire; et M. Winnett Boyd, président de l'Arthur D. Little Limitée du Canada.

ROGER DUHAMEL, M.S.R.C.  
IMPRIMEUR DE LA REINE ET CONTRÔLEUR DE LA PAPETERIE  
OTTAWA, 1962

25458-1-1

1950-1951



COMITÉ SPÉCIAL

DES  
COMITÉ SPÉCIAL DES RECHERCHES

Président: M. J. W. Murphy

Vice-président: M. C. A. Best

et MM.

Aiken

Dumas

Pitman

Anderson

Forgie

Robinson

Batten

Godin

Slogan

Bissonnette

Korchinski

Stearns

Bourget

McIlraith

Stewart

Drysdale

Nugent

Secrétaire du Comité:

J. E. O'Connor.

ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED

SÉANCE DU MARDI LE 20 JUIN 1951

TÉMOINS:

De l'Atomic Energy Control Board: Dr. C. J. MacKenzie, président; M. G. M. Jarvis, secrétaire; et M. Winnett Boyd, président de l'Association des producteurs d'énergie nucléaire au Canada.

## PROCÈS-VERBAL

MARDI 20 juin 1961  
(36)

Le Comité spécial des Recherches se réunit à 2 h. 14 de l'après-midi, sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents:* MM. Aiken, Batten, Best, Bissonnette, Chatterton, Danforth, Drysdale, McIlraith, Murphy, Nugent, Pitman, Robinson, Stearns et Stewart. (14)

*Aussi présents:* MM. C. J. Mackenzie, président, Commission de contrôle de l'énergie atomique, secondé par G. M. Jarvis, secrétaire du conseiller juridique; et Winnett Boyd, président de l'Arthur D. Little of Canada Limited.

Une fois présenté, M. Mackenzie lit un bref exposé sur l'histoire, l'organisation, la composition et la fonction de la Commission de contrôle de l'énergie atomique.

M. Mackenzie, secondé par M. Jarvis, est interrogé sur la marche qui a été suivie pour obtenir l'autorisation de réduire le facteur de sécurité observé dans la construction des tubes des refroidisseurs du NPD2. Il est aussi interrogé sur les facteurs de sécurité en général.

*Il est convenu*—Que le texte d'une causerie intitulée *The Significance of the Recent Scientific Explosion* et prononcée par M. C. J. Mackenzie devant le *Chemical Institute of Canada*, à Montréal, le 15 février 1961 soit annexé au compte rendu de la séance d'aujourd'hui (voir l'annexe «A»).

*Il est convenu*—Que les données fournies par la *Canadian General Electric* relativement aux essais des cuves sous pression soient annexés au compte rendu de la séance d'aujourd'hui (voir l'annexe «B»).

M. Boyd, une fois présenté, exprime son avis sur la marche prétendue répréhensible qui a été suivie pour la réduction du facteur de sécurité en ce qui concerne le NPD2.

*Il est convenu*—Qu'un exposé de M. Boyd intitulé *Predicted Data for a Canadian Enrichment Facility* soit annexé au compte rendu des délibérations d'aujourd'hui (voir l'annexe «B»).

*Il est convenu*—Que le secrétaire du Comité fournira aux hauts fonctionnaires de l'*Atomic Energy of Canada Limited* un exemplaire du compte rendu d'aujourd'hui ayant trait au témoignage de M. Boyd et, au besoin, prendra des dispositions au sujet de la convocation de témoins compétents de la compagnie.

A 4 h. 30 de l'après-midi, le Comité s'ajourne jusqu'à nouvelle convocation du président.

*Le Secrétaire du Comité,*  
J. E. O'Connor.



## TÉMOIGNAGES

Le MARDI, 20 juin 1961.

Le PRÉSIDENT: Messieurs, nous sommes en nombre. Comme vous le savez tous, plusieurs comités siègent aujourd'hui. Ils siègent presque à chaque heure du jour et, d'après M. Aiken, le Comité des banques et du commerce vient de s'ajourner afin que ses membres puissent assister à la présente séance.

M. BEST: Permettez-moi de faire observer, monsieur le président qu'il s'agit encore cette fois d'un quorum conservateur.

Le PRÉSIDENT: En effet, la réunion a une atmosphère conservatrice. Il faudra agir en conséquence.

Nous avons parmi nous aujourd'hui un vieil ami des plus anciens membres du Comité, M. C. J. Mackenzie, président de la Commission du contrôle de l'énergie atomique.

J'ai fait la connaissance de M. Mackenzie lors de l'établissement du premier comité des recherches; c'était, je crois, en 1949 n'est-ce pas, monsieur?

M. C. J. MACKENZIE (*Président de la Commission de contrôle de l'énergie atomique*): C'est exact.

Le PRÉSIDENT: A cette époque, M. Mackenzie était président du Conseil national de recherches. Nous sommes heureux de vous revoir aujourd'hui et de constater que vous vous consacrez toujours à votre travail de prédilection.

Messieurs, M. Mackenzie a rédigé un exposé qui pourrait être distribué maintenant.

Monsieur Mackenzie, vous plairait-il de nous donner votre exposé pour nos dossiers?

M. MACKENZIE: Oui, je suppose que vous désirez connaître ma carrière. Vous savez mon nom, C. J. Mackenzie. Je suis ingénieur. Après mes études de génie aux universités de Dalhousie et de Harvard, j'ai été pendant cinq ans ingénieur-conseil dans l'Ouest du Canada.

A mon retour, après la première Grande guerre, j'ai été professeur à la faculté de génie de l'Université de Saskatchewan, puis doyen de cette faculté, de 1919 à 1939. De 1939 à 1952, j'ai été président suppléant et plus tard, président du Conseil national de recherches. De 1952 jusqu'au moment de ma retraite du service public en 1953, j'ai été président de l'*Atomic Energy of Canada Limited* et, depuis 1948, je suis président de la Commission de contrôle de l'énergie atomique.

Bien que mon exposé n'ait rien d'officiel, j'ai préparé quelques notes qui vous renseigneront sur la composition et le fonctionnement de notre commission en ce qui concerne la sécurité des réacteurs.

Notre commission se compose de cinq membres nommés par l'État. Voici quels sont les membres actuels:

Le président du Conseil national de recherches, membres d'office—  
M. Steacie (depuis 1952);

Le président de l'AECL, M. Gray (depuis 1958);

Le président de l'*Eldorado Mining and Refining Ltd.*, M. Gilchrist (depuis 1958);

Le doyen de l'École Polytechnique, M. Goudefroy (nommé en 1961);  
et

M. C. J. Mackenzie (depuis 1946, président depuis 1948).

La Commission est un organe de réglementation. Elle approuve et publie des règlements et délivre des permis. Le personnel se charge de toutes les questions courantes conformément aux règlements approuvés. Le président est tenu au courant de questions et d'incidents particuliers et, si la chose est nécessaire, la Commission se réunit en séance extraordinaire.

Le personnel de la Commission est peu nombreux, mais très compétent. Il se compose de deux conseillers scientifiques, MM. D. J. Dewar et F. C. Boyd, d'un agent d'administration, M. Clark, ainsi que de cinq employés de bureau. Cela fait un personnel de neuf membres, quatre hauts fonctionnaires et cinq employés de bureau.

Il est de toute évidence que les membres et les hauts fonctionnaires de la Commission ne sauraient à eux seuls accorder une attention entière à tous les nombreux détails techniques qui se rattachent à l'aménagement d'un réacteur important, et surtout aux détails qui intéressent la santé et la sécurité des employés et de la population environnante, questions qui préoccupent au plus haut point la Commission.

Dans le dessein de conseiller la Commission sur le côté santé et sécurité de cet aménagement, nous avons institué en 1956 le comité consultatif en matière de sécurité des réacteurs. Les membres permanents de ce comité sont des experts en matière de mise au point et d'utilisation de piles atomiques, des spécialistes de la radiation et des ingénieurs de l'extérieur. En outre, si l'on propose la construction ou l'utilisation d'un réacteur dans une province en particulier, les ministères provinciaux de la santé et du travail sont priés d'envoyer des techniciens participer aux délibérations du comité sur le projet à l'étude. De même, si l'on propose la construction d'un réacteur dans une municipalité ou dans son voisinage, comme ce fut le cas pour Hamilton, l'officier de santé du lieu est aussi invité à se joindre au comité.

Si vous le désirez, je déposerai une liste des membres actuels de ce comité, bien que M. Laurence, président du comité, vous ait déjà, si je ne m'abuse, donné la plupart des noms.

## COMITÉ CONSULTATIF EN MATIÈRE DE SÉCURITÉ DES RÉACTEURS

### MEMBRES PERMANENTS:

M. G. C. Laurence (président), Directeur de la recherche et de la mise au point, AECL, Chalk River (Ontario).

D<sup>r</sup> A. H. Booth, Agent de sécurité des réacteurs, Division de la protection contre les radiations, ministère de la Santé nationale et du Bien-être social.

M. H. Gaudefroy, Directeur de l'École Polytechnique, C.P. 501, Snowden, Montréal 29 (P.Q.).

M. F. W. Gilbert, Directeur de la division Whiteshell, AECL, Chalk River (Ont.).

M. C. A. Mawson, Directeur adjoint de la Division de Biologie et de Physique sanitaire, AECL, Chalk River (Ont.).

M. H. A. Smith, adjoint à l'administrateur général, HEPC, 620, av. de l'Université, Toronto 2 (Ont.).

D<sup>r</sup> C. G. Stewart, Directeur des Services de santé, AECL, Chalk River (Ont.).

D<sup>r</sup> E. A. Watkinson, médecin en chef, Division des conditions sanitaires ambiantes et des travaux spéciaux, ministère de la Santé nationale et du Bien-être social, Ottawa.

M. D. J. Dewar, Secrétaire et Conseiller scientifique, AECL, Ottawa.

*MEMBRES REPRÉSENTANT LES CENTRES NUCLÉAIRES DE L'ONTARIO*

D<sup>r</sup> L. B. Leppard, Division de l'hygiène industrielle, ministère de la Santé de l'Ontario, Édifices du Parlement, Toronto 2 (Ont.).

M. G. C. Gibson, Directeur des services techniques, ministère du Travail de l'Ontario, 8, rue York, Toronto 2 (Ont.).

*MEMBRE REPRÉSENTANT LA CENTRALE NPD2*

D<sup>r</sup> F. J. Tourangeau, Directeur de la Division de l'hygiène industrielle, ministère de la Santé, 1570, rue Saint-Hubert, Montréal (P.Q.).

*MEMBRE REPRÉSENTANT L'INSTALLATION DE L'UNIVERSITÉ McMASTER*

D<sup>r</sup> L. A. Clark, médecin hygiéniste, 74 sud, rue Hughson, Hamilton (Ont.).

D<sup>r</sup> D. R. Allen, Directeur et officier de santé, Unité sanitaire du comté de Bruce, à Walterton (Ontario).

*ADJOINT AU COMITÉ*

M. F. C. Boyd, Conseiller scientifique adjoint, AECB.

En instituant ce comité, la Commission a tenté de trouver les personnes les plus compétentes au Canada qui pourraient lui servir de conseillers. Je crois savoir que votre comité n'a pas été sans observer que certains membres du comité consultatif en matière de sécurité des réacteurs font partie de l'Atomic Energy of Canada Limited. Oui, c'est tout à fait exact (quatre membre sur douze), ce qui donne beaucoup de poids à notre commission. Je désire souligner, toutefois, que la commission est conseillée et secondée par les spécialistes en radiation des ministères de la santé, par des ingénieurs de l'extérieur, tels que M. Gaudefroy, de l'École Polytechnique et par ses propres conseillers techniques, dont l'un consacre tout son temps aux questions sécurité des réacteurs. Je désire mentionner en particulier M. C. G. Gibson, directeur des services techniques du ministère du Travail de l'Ontario, que ce ministère a désigné pour le représenter au sein du comité au cours des discussions qui ont porté sur les projets de construction de piles atomiques en Ontario. M. Gibson est un membre extrêmement précieux, étant ingénieur et spécialiste de la résistance des matériaux, en plus d'être directeur de l'inspection des chaudières. Il a en outre acquis de vastes connaissances dans le domaine nucléaire.

D'un point de vue purement juridique l'approbation d'un ministère provincial n'est pas nécessaire au sens de la Loi sur le contrôle de l'énergie atomique en ce qui concerne les réacteurs nucléaires, mais la Commission désire néanmoins que les autorités, reconnues en tant que spécialistes dans des domaines particuliers, approuvent tout projet de construction de pile atomique.

Avant que puisse être envisagée la délivrance d'un permis quant à la construction d'une pile atomique, celui qui en fait la demande doit présenter un rapport donnant des renseignements complets sur les plans de la pile projetée, des détails sur l'emplacement prévu, ainsi qu'un exposé sur les accidents possibles que pourrait causer la pile en question et les conséquences de ces accidents. Le comité consultatif étudie ce rapport et, s'il le juge nécessaire, il peut demander d'autres renseignements ou poursuivre les recherches sur certains points en particulier. La sûreté de fonctionnement de l'outillage de contrôle et de protection et les conséquences des accidents qui résultent de la perte de contrôle ou de la perte de refroidissant font l'objet d'une attention particulière. Ce n'est que lorsque l'étude du projet est terminée et que le comité est convaincu que ce projet offre des garanties en ce qui concerne

la santé et la sécurité qu'il fait des recommandations à la commission relativement à la délivrance d'un permis de construction. Si le permis est délivré, le comité suit de près les travaux de construction, afin de s'assurer que la pile est construite conformément aux devis approuvés.

Pareillement, avant que commence l'étude du permis d'utilisation d'un réacteur, le postulant doit soumettre à l'examen du comité des détails sur les méthodes d'utilisation envisagées ainsi que des renseignements complets sur les connaissances et la formation du personnel qu'il a l'intention d'employer. Là encore, ce n'est que lorsque les membres du comité sont convaincus que le projet répond à toutes les exigences qu'ils recommandent à la Commission de délivrer le permis d'utilisation. Après la délivrance d'un permis, les travaux de construction de la pile font l'objet de visites périodiques, pour s'assurer qu'ils se poursuivent conformément aux méthodes approuvées et ne créent pas de conditions qui pourraient compromettre la santé et la sécurité.

Naturellement, je ne suis pas tout à fait au courant de tous les détails de chaque projet de pile, mais j'ai fait quelque chose d'assez inusité. J'ai assisté à la plupart des séances du comité à titre d'observateur et j'ai été fort impressionné par le sérieux avec lequel le comité s'acquitte de ses fonctions. De fait, m'appuyant sur toute l'expérience que je possède, je n'ai jamais vu un chantier de construction faire l'objet de mesures de sécurité aussi minutieuses; on a du mal à y croire si l'on n'en a pas été témoin.

J'ai été également frappé par l'attitude d'impartialité des membres du comité. Le fait que certains membres sont des hauts fonctionnaires de l'AECL n'a pas donné lieu à la moindre partialité au cours de l'étude des projets dont l'un était soumis par l'AECL.

Comme la compétence de notre commission a été mise en doute, je profite de l'occasion pour éclaircir certains malentendus apparents. J'estime que la question a beaucoup d'importance, puisque nous décidons en dernier ressort.

Collectivement, la Commission possède une expérience considérable dans les domaines de la science, du génie et de la technique, mais seuls le doyen Gaudefroy et M. Gray s'occupent maintenant de façon active des détails techniques de l'étude des réacteurs. Cependant, nous n'avons pas été nommés à titre de spécialistes de l'étude ou de la mise au point, mais plutôt en raison de notre expérience en tant que spécialistes de l'appréciation et du choix d'experts-conseils et de l'évaluation de leurs recommandations. Voilà notre tâche, celle que l'État nous a confiée.

Il convient de noter également que la Commission n'a pas été établie uniquement pour s'occuper de la question des réacteurs. Nous avons toujours comme première tâche, laquelle n'a rien perdu de son importance, le contrôle de l'utilisation des matériaux radioactifs, la publication de renseignements, les mesures de sécurité, la santé et la sécurité et l'aspect international des problèmes nucléaires qui intéressent le Canada.

Voilà l'exposé d'ordre général de l'organisation et de la composition de la Commission.

Le PRÉSIDENT: Merci beaucoup, monsieur Mackenzie. Dérisez-vous y ajouter quelque chose?

M. MACKENZIE: J'ai tâché de tout inclure dans mon exposé. Je me trouve dans une situation assez différente de celle des autres; je suis comptable au ministre. Je désire que mon exposé soit versé au compte rendu afin qu'il soit à la disposition de chacun.

M. DRYSDALE: Puis-je poser une question à M. Mackenzie? Vous dites que, du point de vue juridique, vous n'avez pas besoin de l'approbation d'un ministère provincial. Cependant, je crois savoir que, dans les circonstances existantes, vous avez demandé l'approbation en vertu de l'Ontario

Pressure Vessels Act. Il existe un certificat particulier d'approbation touchant la réduction d'un facteur de sécurité dans la proportion de quatre à trois.

M. MACKENZIE: Vous ne parlez pas de la Commission. Voyez-vous, il faut faire la distinction entre les deux. La Commission ne s'occupe pas de l'utilisation de réacteurs. Elle reçoit des demandes de personnes qui désirent construire des réacteurs, que ce soit l'État ou non. Les ingénieurs procèdent alors à l'étude des plans, puis ils prennent les mesures qu'ils désirent, présentent une demande de permis et expliquent les arguments qu'ils veulent faire valoir en faveur de ceci ou de cela. Nous les acceptons ou les rejetons, mais la Commission elle-même ne présente pas la demande.

M. DRYSDALE: La Commission prendrait connaissance d'une demande présentée en vertu de la loi de la Pressure Vessels Act. Vous parlez des autorités provinciales qui sont reconnues en tant que spécialistes dans leurs domaines respectifs. J'ignore quels seraient les experts en ce qui concerne la construction d'une pile. Apparemment une demande a été présentée en vertu de cette loi provinciale. Ce qui me préoccupe, c'est que, techniquement parlant, vous avez peut-être raison (il n'est pas nécessaire de présenter une demande) mais ce que je ne comprends pas, c'est qu'après avoir pris les premières mesures, vous n'avez pas suivi la marche habituelle. D'ordinaire, la demande se présente d'abord en vertu de la loi sur les normes du Canada. Si cette loi ne s'applique pas, alors c'est l'A.S.M.E., je crois. Voilà la méthode habituelle, l'inspecteur des chaudières étant en mesure de constater quelles sont les exigences exactes. Si j'ai bien compris, il y a eu, dans les circonstances existantes, une diminution d'un facteur de quatre à trois, mais d'après les renseignements que j'ai pu obtenir de M. Laurence qui a été d'une franchise extrême la dernière fois (je suppose que vous avez lu sa déclaration dans la transcription ou dans le rapport) les personnes qui se chargent de la construction sont aussi celles qui font la recommandation, en ce qui concerne le facteur de sécurité. Il ne s'agit pas ici d'une critique du groupe, pas plus à l'égard de son intégrité que de son objectivité, mais il me semblait qu'il aurait été normal de demander à l'A.S.M.E. de prier l'un de ses sous-comités, formé des spécialistes en matière de réacteurs, de rendre une décision conformément à la loi de l'Ontario.

M. MACKENZIE: Je ne suis pas de cet avis.

M. DRYSDALE: Pourquoi?

M. MACKENZIE: Tout d'abord, ce n'est pas un cas normal. Voici la façon normale de procéder.

M. DRYSDALE: Mais je ne fais pas erreur en disant que la loi prévoit cette marche à suivre?

M. MACKENZIE: De s'adresser à l'A.S.M.E.? Certes, non.

M. DRYSDALE: Avez-vous le texte de la loi?

M. MACKENZIE: Non.

M. DRYSDALE: Je la cite de mémoire, mais je crois que c'est l'article 21 de l'Ontario Boiler and Pressure Vessel Act. D'après cet article, il faut s'adresser à l'A.S.M.E. pour obtenir une recommandation. L'autre façon de procéder, celle qu'on a choisie dans le cas qui nous occupe, consiste à demander une décision spéciale. Je ne sais pas qui, en Ontario, a la compétence pour rendre cette décision.

M. BEST: Plairait-il aux membres de ne pas parler tous à la fois?

Le PRÉSIDENT: M. Drysdale demanderait-il l'opinion juridique de M. Mackenzie, par hasard?

M. DRYSDALE: Je ne lui demande pas son opinion juridique, mais seulement ce qu'il sait sur la question. Il a dit qu'on a pris des mesures de sécurité en ce qui concerne le réacteur. J'ai dit: «Très bien, il n'est pas nécessaire du point de vue juridique d'avoir recours à la loi provinciale», mais, une fois cette démarche faite, pourquoi ne suivez-vous pas la ligne de conduite adoptée?

M. MACKENZIE: Nous n'avons pas eu recours à la loi provinciale, mais celui qui a établi les plans du réacteur et les ingénieurs l'ont fait.

M. DRYSDALE: Et quel effet cela a-t-il?

M. MACKENZIE: Cela donne plus de poids à leur cas.

M. DRYSDALE: Au cas de qui?

M. MACKENZIE: Les auteurs des plans et les ingénieurs doivent soumettre les données qui ont servi à l'étude du réacteur, afin que nous puissions soit accorder soit refuser le permis.

Vous avez tout à fait raison de dire que c'est la façon normale de procéder. S'il s'agissait d'une chaudière à vapeur ordinaire, on demanderait le permis au ministère du Travail, à Toronto. Le ministère du Travail peut ou non s'en rapporter à l'*American Association*. Je ne sais vraiment pas comment cela s'est passé.

M. DRYSDALE: On a rendu une décision particulière; je voudrais savoir pourquoi.

M. MACKENZIE: Si vous vouliez me laisser terminer, je vous dirais que je n'y suis pour rien. Tout ce que je sais, c'est qu'on a obtenu une sorte d'approbation du ministère provincial du Travail, preuve de plus que tout est en règle; mais, en tant que commission, nous n'avons pas à nous en rapporter à l'A.S.M.E. et nul autre n'est tenu de le faire. Il s'agit d'un code américain, comme vous le savez et, aux États-Unis, le code n'a trait qu'à certains États. Dans certains États, ce code est obligatoire; dans d'autres, il reste facultatif. Je ne le sais que par oui-dire, mais il paraît qu'en Ontario il est facultatif. On n'a pas à consulter qui que ce soit.

M. DRYSDALE: On a évidemment jugé la question assez importante pour en faire une disposition législative. L'impression que j'ai eue en écoutant M. Laurence (je fais peut-être erreur) c'est que les personnes autorisées avant tout à présenter des recommandations sur la sécurité sont les membres de l'A.E.C.L. Mais au fond, j'ai compris (vous pouvez me contredire si vous le désirez) que vous y étiez liés parce que vous n'aviez personne d'autre qui pût de façon indépendante déterminer l'état de chose existant, ou parce que vous étiez portés à compter avant tout sur la recommandation de ce comité, ceux qui ont fait l'étude et la mise au point du réacteur. Autrement dit, ceux qui ont fait l'étude du réacteur sont ceux qui l'ont examiné du point de vue de la sécurité.

M. MACKENZIE: Cela est fort erroné. Nous nous reposons sur notre comité consultatif.

M. DRYSDALE: Ce sont les mêmes personnes, des employés de l'A.E.C.I.

M. MACKENZIE: Mais non.

M. DRYSDALE: C'est ce que m'a laissé entendre M. Laurence, président du comité.

M. MACKENZIE: Ce ne sont pas ceux qui ont fait l'étude du réacteur.

M. DRYSDALE: Cela ne vous préoccupait-il pas que cette façon inusitée de procéder fût adoptée en vertu de la loi? Cela ne s'est jamais fait auparavant.

M. MACKENZIE: Je repousse l'idée qu'il en fût jamais ainsi.

M. DRYSDALE: Avez-vous des preuves du contraire?

M. MACKENZIE: Toutes les preuves du contraire dont j'ai besoin. Je connais très bien la situation.

M. DRYSDALE: Qui sont les experts en matière de réacteurs d'après la *Pressure Boiler Act*?

M. MACKENZIE: Où?

M. DRYSDALE: Vous avez mentionné dans votre exposé que les autorités provinciales «reconnues en tant que spécialistes dans des domaines particuliers approuvent tout projet de construction de pile atomique».

M. MACKENZIE: Relisons ce passage.

Le PRÉSIDENT: J'aurais dû informer le Comité que M. Mackenzie est accompagné de M. Jarvis, secrétaire de la Commission de contrôle de l'énergie atomique, qui est également le conseiller juridique de la Commission.

M. MACKENZIE: Nous lisons ici: «Mais la Commission désire néanmoins que les autorités, reconnues en tant que spécialistes dans des domaines particuliers, approuvent tout projet de construction de pile atomique.» Elles ont étudié un bon nombre de nos problèmes relatifs à la santé; dans ce cas, ce fut le ministère de la Santé. En ce qui concerne le réacteur, nous nous sommes adressés au ministère du Travail. Nous avons demandé aux autorités de ce ministère de nommer un homme qu'elles jugeaient compétent et elles ont désigné M. Gibson. Il s'agit là tout simplement d'un échange de bons procédés. J'estime que c'est une très bonne chose, mais ce n'est rien qui nous engage. Nous avons toujours cherché à employer les gens des provinces. Nous aimerions vraiment réaliser un accord pour ainsi dire unanime. Nous ne désirons pas abuser de nos pouvoirs. De fait, nous n'avons pas consulté les autorités.

M. DRYSDALE: Monsieur Mackenzie, vous plairait-il de vous reporter à l'article 46, chapitre 37 de la *Boiler and Pressure Vessels Act* dont voici la teneur:

Sous réserve de la présente loi et du règlement d'application, les publications de l'Association canadienne des normes, de l'Association américaine des normes et de la Société des ingénieurs en construction, modifiées à l'occasion, sont censées contenir les règlements auxquels doivent se référer l'inspecteur en chef et les inspecteurs pour s'acquitter de leurs fonctions en vertu de la présente loi, en ce qui concerne l'approbation de l'étude, la fabrication, l'installation, l'inspection, l'essai et le fonctionnement des chaudières, des cuves sous pression et des centrales.

Il y a une chose que je ne puis comprendre. Pourquoi n'a-t-on pas simplement dans ces circonstances écrit à l'A.S.M.E. qui dispose, si je ne m'abuse, de deux ou trois comités compétents dans le domaine des réacteurs pour lui demander son avis? C'est la façon normale de procéder.

M. MACKENZIE: Mais nous n'avons pas affaire à un cas ordinaire. Quant à moi, monsieur le président, je n'entends pas demander à un groupe de Canadiens hautement spécialisés dans ce domaine de s'adresser à un comité américain qui est moins compétent et est loin de posséder autant d'expérience que nous.

M. DRYSDALE: Vous trouvez que cela n'a pas de sens dans la loi ontarienne?

M. MACKENZIE: Je refuse de répondre à cette question qui est un piège.

M. DRYSDALE: On mentionne particulièrement cet organisme. Pourquoi vous opposez-vous à ce que l'A.S.M.E. étudie ce facteur?

M. MACKENZIE: Je ne m'y oppose pas; nous y avons recours constamment. Peut-être pas dans le cas qui nous occupe, parce que ce n'est pas un cas normal. Quand je dis «nous», je veux parler des ingénieurs. Vous parlez de la façon dont procèdent les ingénieurs de la C.G.E. et moi je parle de

mes responsabilités en tant que membre de la Commission de contrôle de l'énergie atomique. Si ce réacteur présente quelque danger et si nous ne sommes pas compétents, alors qu'on nous remercie de nos services.

M. DRYSDALE: Je ne saurais dire d'une façon ou de l'autre, mais je tente de savoir pourquoi on n'a pas procédé de la façon habituelle.

M. MACKENZIE: On a procédé de la façon habituelle.

M. DRYSDALE: Pas à mon avis, parce qu'il s'agissait d'une décision particulière rendue en vertu de cette loi et non d'une décision courante.

M. MACKENZIE: La loi contient des dispositions à l'égard de questions de ce genre, ce qui est normal.

M. NUGENT: J'avais l'impression que nous avions débattu la question lors de la séance précédente qui a fait l'objet d'une très bonne explication; enfin, qui m'a semblée tout à fait claire et complète. Je ne vois pas maintenant pourquoi nous entreprendrions de déterminer par des considérations d'ordre technique si oui ou non le problème a été abordé d'une autre manière.

M. DRYSDALE: Permettez-moi de dire pour renseigner M. Nugent que, si j'ai bien compris, le facteur de sécurité est réduit dans la proportion de quatre à trois. Je crois comprendre qu'une demande a été, selon les règles, présentée à l'inspecteur, en vertu de l'Ontario Boiler and Pressure Vessels Act. Par suite de cette demande, l'inspecteur (qui est, m'a-t-on laissé entendre, un spécialiste des chaudières et des appareils sous pression) a rendu une décision spéciale qui a été soumise au Comité. J'essayais de découvrir pourquoi on n'a pas, ainsi que la loi le prévoit, mentionné l'A.S.M.E. qui a son propre sous-comité des réacteurs atomiques composé d'un groupe qui pourrait soit appuyer une telle décision, soit la rejeter. En d'autres termes, je cherchais, pour rendre une décision sur le facteur de sécurité, un groupe objectif à part les intéressés même. Je crois savoir que c'est la première fois qu'une décision spéciale a été rendue au sujet de la réduction du facteur de sécurité applicable à ce genre de chaudière.

M. NUGENT: Je pensais que le témoin qui comparait maintenant, ou le comité consultatif de sécurité, examinait cette affaire et appuyait la décision de ce service. Vous exprimez l'avis qu'un troisième comité de sécurité aurait dû examiner l'affaire.

M. DRYSDALE: L'impression que m'a laissée M. Laurence, c'est que personne ne s'occupait de l'affaire à part les gens qui s'intéressaient au projet de l'A.E.C.E. au premier chef. Autrement dit, le groupe qui a fait les premières études est celui qui a été chargé de déterminer les conditions de sécurité. Je n'ai aucune critique à formuler à l'endroit de M. Laurence ou de son groupe. Ce que je désire savoir c'est pourquoi, dans les circonstances, on n'a pas procédé de la façon normale, c'est-à-dire, confier la question à un organisme indépendant ayant à son service des personnes compétentes en la matière? Je préférerais qu'on eût approuvé la réduction de quatre à trois.

M. MACKENZIE: Ce que vous critiquez c'est la façon d'agir du gouvernement provincial. La loi, ainsi que je la comprends (ce qui n'est pas votre façon de la comprendre) prescrit, dans certains cas, qu'un État se conforme à cette réglementation. En d'autres termes, elle sert parfois de ligne de conduite. Si j'ai bien compris, en Ontario, les hauts fonctionnaires de cet organisme sont libres de le demander s'ils le désirent. Dans ce cas (et je le répète, je ne suis pas spécialiste de la question), cela n'a rien d'anormal. La seule chose qui pourrait être anormale, pour eux, c'est qu'il est question pour la première fois de réacteur. Ce n'est pas de la méthode habituelle que

vous parlez. Cette façon de dire «normal» ce n'est pas même un sujet normal, pas plus que ne le sont les conditions actuelles ou la technologie des réacteurs. Il n'y a rien de normal dans cette affaire.

M. DRYSDALE: Vous venez de dire que vous ne connaissez pas cette loi, ce qui est évident d'après votre déclaration. Je ne vous critique pas; vous êtes spécialisé dans certains domaines. J'essayais simplement de dire qu'il existe une disposition de la loi en vertu de laquelle, dans des circonstances exceptionnelles, on rend décision spéciale sur la seule autorité de l'inspecteur. Je désire savoir pourquoi on n'a pas pris les mesures qui s'imposaient en vertu de la loi, c'est-à-dire, pourquoi on n'a pas communiqué avec les membres de l'A.S.M.E. aux États-Unis qui ont de l'expérience dans le domaine des réacteurs. Vous secouez la tête, mais vous ne nous donnez pas de raisons.

M. MACKENZIE: Si, il y a une raison. C'est que je ne reconnais pas que l'A.S.M.E. ait plus de compétence que nos spécialistes pour donner des avis au sujet d'un réacteur canadien. Nous n'avons aucune raison de procéder de la sorte.

M. DRYSDALE: Vous estimez que ceux qui établissent les plans d'un réacteur devraient donner leur avis au sujet de la sécurité qu'il présente?

M. MACKENZIE: Vous déformez mes paroles. Ceux qui créent le réacteur ne font pas partie du comité chargé d'en étudier la sécurité.

M. NUGENT: D'après ce que je puis comprendre, M. Drysdale demande pourquoi on ne s'est pas adressé à l'organisme américain qui correspondrait à notre Commission de contrôle de l'énergie atomique, qui reçoit les conseils de notre comité de sécurité.

M. DRYSDALE: Cela n'est pas exact.

Le PRÉSIDENT: Je pense, monsieur Nugent, que vos observations sont un peu erronées. L'organisme des États-Unis que vous avez mentionné n'est pas semblable à notre Commission de contrôle.

M. BEST: Monsieur le président, permettez-moi d'exposer mon point de vue. Bien que je ne sois pas entièrement d'accord avec la façon dont M. Drysdale mène l'interrogatoire, je reconnais que dans l'ensemble, ses questions ont de l'importance, et je ferai observer qu'il y a une semaine pas mal de choses touchant la question ont transpiré. Vous n'étiez pas là alors, n'est-ce pas? Ce qui explique peut-être pourquoi la question a rebondi.

Le PRÉSIDENT: C'est effectivement la raison pour laquelle M. Mackenzie est ici aujourd'hui.

M. BEST: De quel réacteur parlons-nous, lorsque nous disons que le facteur a été réduit de quatre à trois.

M. MACKENZIE: Cela s'est fait entre 1957 et 1958, mais ce n'est pas tout. Il serait peut-être bon que je parle des facteurs de sécurité, parce que, dans la loi, il n'en est aucunement question. J'ai préparé un exposé que je suis disposé à lire devant la Comité, si celui-ci le désire, étant donné qu'on emploie un terme qui dérouté les gens.

M. BEST: D'abord, j'ai deux ou trois questions à poser. Est-ce qu'il s'agit du réacteur NPD2?

M. MACKENZIE: Oui.

M. BEST: A la page 4 de votre exposé, deuxième paragraphe, vous déclarez que, d'un point de vue purement juridique, l'approbation d'un ministère provincial n'est pas nécessaire. Est-ce à cause de la nature et du propriétaire du NPD2?

M. MACKENZIE: Non, cela a été décrété dans la loi, lorsque l'énergie atomique est devenue une technique très nouvelle dont on ignorait tout, sauf en

ce qui concerne la bombe. Le gouvernement d'alors a rédigé cette loi «dans l'intérêt du Canada», ou quelque chose d'approchant; je n'en connais pas le texte, mais j'ai ici un avocat-conseil. Cela lui donne de l'autorité et la Commission de contrôle de l'énergie atomique a qualité pour agir dans le domaine de la santé qui normalement relève des provinces. Comme nous ne désirons pas abuser de cette autorité, nous essayons autant que possible d'obtenir le consentement et l'autorisation de celles-ci. Par exemple, il est absurde de nous demander de porter des jugements définitifs sur les conséquences cliniques des radiations.

M. BEST: A qui sera confié le fonctionnement du NPD2?

M. JARVIS: A l'Hydro-Ontario?

M. BEST: Que penseriez-vous d'une telle modification du facteur de sécurité dans le cas du CANDU? Si cela se produisait, est-ce que cela vous semblerait être une interprétation juridique du manque de contrôle ou du manque de lois provinciales ad hoc?

M. MACKENZIE: Tout à fait. Voyons plutôt la question d'une autre façon. Nous ne pouvons pas nous soustraire à notre responsabilité absolue. Nous devons l'accepter, que nous le voulions ou non. Par conséquent, en tant que tribunal de dernière instance, nous sommes conseillés et nous recueillons tous les témoignages nécessaires, mais en définitive, nous sommes les seuls en cause et nous prenons nos responsabilités de façon très sérieuse.

M. BEST: Vous voulez dire que dans le cas du CANDU (il s'agit là d'une situation hypothétique peut-être), si vous estimez que le facteur de sécurité devrait être réduit de quatre à trois, ou autrement, les lois provinciales ne s'appliquent pas nécessairement, juridiquement parlant?

M. MACKENZIE: Elles ne devraient pas s'appliquer, mais je puis vous dire en toute franchise qu'il nous répugnerait au plus haut point d'accepter quoi que ce soit qui n'aurait pas le consentement des provinces. C'est pourquoi nous désirons beaucoup connaître le point de vue du ministère du Travail. Il serait peu indiqué aussi d'aller à l'encontre des autorités de la santé publique. Si, par exemple, le ministère de la Santé publique nous disait que cela n'est pas bien, il nous répugnerait de le faire. Mais d'autre part, c'est à nous qu'incombe la décision définitive.

M. BEST: Même si, en dernière analyse, le propriétaire et exploitant devait être l'Hydro-Ontario, est-ce que la loi n'entrerait pas en jeu, dans le domaine provincial?

M. MACKENZIE: Oui.

M. BEST: Aux dernières lignes de la page 3 de votre exposé, vous parlez d'un membre du personnel de la Commission qui «consacre tout son temps à la sécurité des réacteurs». Pouvez-vous nous dire de qui il s'agit?

M. MACKENZIE: Oui, de M. Boyd; non pas de M. Winnett Boyd, son homonyme, mais de M. F. C. Boyd, si je ne m'abuse.

M. BEST: Puis-je continuer? A la page 6, à l'avant-dernier paragraphe de votre exposé, on peut lire le passage suivant:

Cependant, nous n'avons pas été nommés à titre de spécialistes de l'étude ou de la mise au point, mais en raison de notre expérience en tant que spécialistes du choix et de l'appréciation d'experts-conseils, ainsi que de l'appréciation de leurs recommandations.

Qui sont ces conseillers et ces spécialistes à part M. Boyd?

M. MACKENZIE: Comme je l'ai dit, nous les nommons à titre de conseillers, pour qu'ils nous représentent au sein du comité consultatif. Quand se présentent les questions de santé publique, nous les confions au ministère fédéral de la Santé. Nous ne ferions rien sans avoir l'avis de ce ministère. Lorsqu'il

serait question de l'emploi en clinique des isotopes que nous avons dû approuver également pour les hôpitaux, nous aurions également le point de vue d'un corps médical auquel nous pourrions faire confiance; je pense, qu'en affaires, c'est la bonne façon de procéder.

M. BEST: Vous avez dit en réponse à M. Drysdale que certaines recommandations ou directives de l'A.S.M.E. ou autres organes ne s'appliquaient pas nécessairement dans ce cas. S'il s'agit d'un cas exceptionnel, peut-être le premier du genre au Canada, pourquoi les mesures et les facteurs habituels de sécurité ne s'appliqueraient-ils pas tous, et même d'autres mesures et facteurs de sécurité?

M. MACKENZIE: Si nous adoptons la marche normale pour les questions qui ne sont pas du domaine nucléaire, nous pourrions nous heurter à de grandes difficultés. Si vous laissiez apporter dans cette pièce ou à l'étage au-dessous un récipient ordinaire, et si nous en avons un contenant des substances radioactives, lequel serait le plus dangereux? Il existe bien des cas où nous ne suivrions pas le code habituel, parce qu'il ne serait pas assez sûr. Par exemple, dans le cas du NPD, le récipient contenant des déchets radioactifs est enfermé dans une boîte de béton... Si un tube se brise ou éclate, personne n'est blessé. Nous voulons donc assurer la sécurité fondamentale des personnes exposées à ces dangers.

M. BEST: Il peut se faire que suivre à la lettre des directives comme celles de l'A.S.M.E. ne donne pas suffisamment de protection. Ma question comporte plus de détails. Pourquoi ne suit-on pas toutes les normes minima en plus de toutes celles qui peuvent s'y ajouter et qui pourraient s'appliquer à votre cas en particulier? Si les détails ne sont donnés dans ces directives, comme dans le cas d'un réacteur atomique, et si des précautions supplémentaires sont nécessaires pour sauvegarder vos normes, ce que je comprends très bien, pourquoi y a-t-il eu, d'autre part, une réduction du facteur de sécurité de quatre à trois dans l'une des normes qui est peut-être la plus classique?

M. MACKENZIE: J'avais préparé un exposé sur ce facteur de sécurité. Il n'existe pas telle chose qu'un facteur de sécurité. Les termes ne paraissent pas dans le code. J'ai préparé sur le sujet des notes qui pourraient en quelque sorte servir d'explication et guider le Comité, si vous désirez les entendre.

M. BEST: Je serais très heureux de les entendre, mais j'ai d'abord une autre question à poser. Vous venez de dire que certaines parties de ce réacteur sont protégées, et ainsi de suite. M. Laurence en a parlé il y a une semaine; il a dit que personne ne pouvait être blessé, puisqu'il n'y avait personne à l'intérieur. Cela se peut très bien, mais dans le cas d'explosions ou de difficultés, nous avons vu qu'aux États-Unis, ou peut-être à Chalk-River, même s'il n'y a pas eu de pertes de vie, la centrale a été immobilisée et les pertes et les dommages ont fait augmenter les frais d'exploitation de façon considérable. Cette protection ne s'applique peut-être pas en ce qui concerne les blessures corporelles, mais elle est loin de convenir en ce qui concerne le risque économique.

M. MACKENZIE: Je ne devrais vraiment pas parler de l'étude des réacteurs, puisque je ne suis pas chargé de cet aspect de la question, mais, dans chaque cas, j'ai cherché les causes des accidents. Aucun d'eux n'est attribuable au facteur de sécurité. Ils se sont toujours produits par suite de quelque erreur de l'homme, parce que quelqu'un avait fait ce qu'il ne devait pas faire. La même chose s'applique aux avions en cours de vol et à tous les accidents importants. Je n'en connais pas qui se soient produits par suite d'une diminution du facteur de sécurité.

M. BEST: Plairait-il à M. Mackenzie de nous donner son point de vue?

Le PRÉSIDENT: Cette proposition est-elle acceptée?

(Assentiment.)

M. MACKENZIE: Je suppose, monsieur le président et messieurs, que la question fondamentale est de savoir si ce réacteur satisfait ou non aux normes de sécurité, s'il comporte un risque que nous ne sommes pas disposés à courir. Nous parlons beaucoup ici de façons de procéder, de lignes de conduite, mais je vous invite à réfléchir sérieusement sur la sécurité et les risques réels qui entrent en jeu.

M. BEST: Oui, nous nous intéressons aussi à la dernière question, c'est-à-dire au rédacteur maintenant en cause, mais surtout en ce qui concerne la façon de procéder, pour le présent et pour l'avenir, alors que la question se présentera à des intervalles plus fréquents.

M. MACKENZIE: Je suis d'accord sur ce point; je ne m'y oppose pas du tout, monsieur Best. Je pense que c'est bien la façon de procéder et que l'administration empêcherait beaucoup de confusion au sujet de ce facteur de sécurité. C'est pourquoi je désire présenter certaines notes.

La première chose que je dirai au sujet de la sécurité, c'est que le prototype du tube de pression du NPD a été approuvé par le service ontarien d'inspection des chaudières. Je pense qu'il y a un aspect du point suivant à considérer, savoir, que le facteur de sécurité effectif est apparemment d'au moins quatre, (et non trois) et calculé d'après la résistance du zircaloy qui avait été supposée à l'origine. A l'heure actuelle, il est plus près de quatre que de trois, calculé d'après les essais que nous connaissons. Encore une fois, et je pense que cela est important pour nous, même dans le cas peu probable d'une panne de l'un ou plusieurs des tubes, ni le personnel ni le grand public ne risquent de recevoir des blessures directement attribuables à une telle panne. Nous attachons une grande importance à cette question.

Maintenant, le quatrième point, c'est, naturellement, que la Commission a effectivement décrété que les contraintes de travail du zircaloy proposées sont acceptables du point de vue de la sécurité.

Voilà qui résume les mesures que nous avons prises.

Il me fait grand plaisir de commenter à votre intention de façon plus approfondie, l'idée générale du facteur de sécurité. Elle n'est pas simple. Le terme «sécurité» employé sous ce rapport risque d'être mal compris.

En termes généraux, il y a des cas où un facteur de sécurité prétendu de dix comporte en réalité plus de risques qu'un facteur de deux. Permettez-moi de vous donner un exemple. Si la connaissance des charges est extrêmement incertaine et si la substance utilisée n'a pas d'uniformité et n'a pas été soumise à un examen rigoureux, le risque est beaucoup plus grand avec un facteur de dix qu'avec un facteur de deux utilisé après un examen des plus rigides démontrant qu'il n'y a aucun danger qu'un élément particulier ait été oublié. C'est en réalité le cas qui se présente dans l'étude de certains avions.

M. BEST: Veuillez expliquer un peu plus la question. Je ne saisis pas votre raisonnement lorsque vous dites qu'un facteur de dix peut comporter plus de risques.

M. MACKENZIE: Par exemple, quand je vous dis que dans la pratique nous utilisons un facteur de dix, supposons qu'il y ait un pont de bois et que vous preniez le rapport que donne ce facteur. Le facteur de sécurité est en quelque sorte un rapport de la charge de rupture présumée au delà de la charge pratique ou charge connue. Dans le cas du bois, vous savez qu'il y en a de nombreuses espèces et qu'il y a un facteur qui s'applique à toutes ces espèces. Ce facteur était autrefois de dix, aujourd'hui il est de neuf.

Dans le cas des avions, me dit-on, et je pense que vous avez des cas dans la marine des États-Unis où les sous-marins utilisent un facteur de

trois. On m'a dit, et j'ai cru comprendre pendant des années d'ailleurs, que, dans un grand nombre de parties constituantes d'avions, le facteur est de deux. Quand on adopte ce facteur, on prend des soins beaucoup plus méticuleux que d'ordinaire.

Le code dont nous avons parlé n'utilise jamais l'expression «facteur de sécurité». On utilise le rapport de la charge pratique qui est autorisé. Ce que nous appelons facteur de sécurité est le rapport entre deux chiffres donnés. Si les chiffres donnés sont très précis et si vous en êtes très sûrs, alors un facteur dit de sécurité de deux peut comporter beaucoup moins de risques.

M. BEST: Je ne saisis pas très bien cette partie de la question, je vous demande pardon; je dois avoir l'esprit obtus pour ces choses. Je vois là un cas matériel: si vous enveloppez quelque chose avec beaucoup plus de matériaux et s'il y a brisure, l'explosion pourra être d'autant plus forte; mais je ne pense pas que ce soit exactement ce que vous entendez.

M. MACKENZIE: Non, ce n'est pas du tout ce que j'entends. Ce que je veux dire, c'est que dans l'étude d'un modèle vous tenez compte des charges pratiques qui vous sont données et vous obtenez les charges pratiques par le rapport que vous établissez entre la charge à laquelle les matériaux se brisent et celle à laquelle vous les soumettez. Vous obtenez ainsi le facteur que nous appelons facteur de quatre. La véritable sécurité dépend de la précision de vos calculs.

M. BEST: Vous dites que dans des circonstances données qui dépendent de l'exactitude de votre appréciation de la charge, d'abord, puis de la résistance de vos matériaux par rapport à cette charge, il est possible de concevoir que si vos calculs sont très imprécis, un facteur de dix peut comporter moins de sécurité qu'un facteur de deux. Mais sûrement pas sur la moyenne, sûrement pas de façon normale; cela serait pas mal affaire de hasard.

M. MACKENZIE: Ce ne serait pas une question de hasard si vous étiez dans ce domaine.

M. BEST: Alors la connaissance des facteurs doit être très faible?

M. MACKENZIE: Oui, certes.

M. BEST: Et imprécise.

M. MACKENZIE: Oui, mais aujourd'hui, comme nous arrivons à une précision de plus en plus grande, nos facteurs de sécurité ont diminué, sans que les risques augmentent. Normalement, quatre est un facteur normal de sécurité, par exemple, mais le facteur normal de sécurité est quatre avec, en plus, une inspection d'un certain genre. Ordinairement, en énergie atomique, nous poussons ce genre d'inspection beaucoup plus loin. Nous faisons l'essai et l'examen de chaque pièce. Nous prenons non seulement chacune des pièces isolément, mais tous les essais les plus poussés qu'on n'a pas effectués en tenant compte des normes. En réalité, nous en brisons une partie afin que nous puissions en faire l'essai.

M. DRYSDALE: Qui entendez-vous par «nous»? Qui, précisément, accomplit cette tâche et en arrive aux chiffres?

M. MACKENZIE: Les ingénieurs se chargent de ces essais et nous présentent un rapport.

M. DRYSDALE: Quels ingénieurs?

M. MACKENZIE: Des ingénieurs de la Canadian General Electric Company.

M. DRYSDALE: Les ingénieurs de la Canadian General Electric Company font les essais et vous assurent que le facteur de trois est tout à fait acceptable?

M. MACKENZIE: Je n'ai pas dit cela du tout.

M. DRYSDALE: Pourriez-vous faire la lumière sur la question?

M. MACKENZIE: J'ai dit qu'il faisaient l'essai afin de déterminer la résistance limite des tubes.

M. DRYSDALE: Il s'agit des ingénieurs de la C.G.E.?

M. MACKENZIE: Oui, et lorsque les tubes sont utilisés, ils sont soumis à ces essais très rigoureux, ce qui normalement, ne se fait pas du tout. Par conséquent, il est manifeste que la résistance que nous adoptons, la résistance de chaque type pris isolément, est de beaucoup supérieure à ce qu'elle serait dans des conditions normales.

M. BEST: Bien que les inspections particulières dans le cas à l'étude soient plus détaillées, diriez-vous vraiment qu'elles sont plus détaillées et plus poussées que l'ont été peut-être la mise au point et l'étude progressives dans le domaine des chaudières classiques depuis assez longtemps? Sont-elles vraiment plus détaillées que le travail accompli au cours de dix, vingt ou quarante ans dans le domaine des matériaux classiques servant à la construction de chaudières?

M. MACKENZIE: Oh oui, certainement, parce qu'elles comportent un essai véritable de chaque maillon isolément.

M. DRYSDALE: Vous fiez-vous aux essais de la C.G.E. et à ce qu'ils vous apportent ou faites-vous des essais vous-mêmes? Dans ce cas, qui les fait?

M. MACKENZIE: Nous ne faisons pas d'essais. Nous sommes l'organisme qui reçoit les conseils; nous avons un comité consultatif. Vous parlez de l'énergie atomique?

M. DRYSDALE: Oui.

M. MACKENZIE: Notre comité consultatif observe minutieusement comment se font les essais et à qui ils sont confiés. Je ne dis pas que les ingénieurs de la C.G.E. eux-mêmes se chargent de ces essais; ils peuvent à cette fin retenir les services d'une compagnie. Puis notre comité consultatif nous signale que ces essais ont été effectués et que leurs résultats sont très satisfaisants.

M. DRYSDALE: Le comité consultatif en matière de sécurité des réacteurs ne fait-il jamais d'essais lui-même?

M. MACKENZIE: Pas à titre de comité.

M. DRYSDALE: Il se fie aux essais et aux renseignements que fournit la C.G.E.?

M. MACKENZIE: Oui.

M. DRYSDALE: Votre organisme compte sur les renseignements que fournit la C.G.E. Alors je suppose que l'inspecteur du ministère du Travail de l'Ontario compte aussi sur les renseignements que donnent les essais effectués par la C.G.E., ou procède-t-il lui-même à des essais?

M. MACKENZIE: Je ne sais pas.

M. DRYSDALE: Alors, au fond, toutes vos observations, c'est-à-dire ce à quoi je voulais en venir, sont fondées sur ces renseignements. Je ne critique pas la C.G.E. Vos observations sont fondées sur les renseignements et les essais de la C.G.E. Autrement dit, aucune disposition n'a été prise pour obtenir en vertu de la loi de l'Ontario des renseignements de l'A.S.M.E. qui a ses spécialistes dans le domaine des réacteurs et qui, dans des circonstances normales, ferait des observations qui vous apprendraient si le facteur de sécurité est convenable ou non. En d'autres termes, vous vous fiez entièrement à la C.G.E.?

M. MACKENZIE: Si, d'autre part, ils retiennent les services de personnes compétentes pour faire ce travail, les renseignements seraient à la disposition des experts qui sauraient comment ils ont été recueillis et par qui.

M. DRYSDALE: Est-ce la C.G.E. qui a dessiné les tubes? Diriez-vous qu'elle en a fait le modèle?

M. MACKENZIE: Oui, je dirais qu'elle en a fait le modèle.

M. DRYSDALE: Alors vous avez soutenu au départ que ceux qui en ont fait le modèle et les ont réalisés sont ceux qui font les observations relatives au facteur de sécurité satisfaisant... en d'autres termes, il n'y a pas de groupes indépendants qui effectuent des essais?

M. STEARNS: Non.

M. DRYSDALE: J'essaie d'élucider la question.

Le PRÉSIDENT: M. Drysdale a demandé s'il s'agissait d'un groupe indépendant. Il a dit qu'il n'y avait pas de groupe indépendant.

M. MACKENZIE: En réalité, ainsi que j'ai essayé de le démontrer, c'est que les ingénieurs dessinateurs ont certaines fonctions à remplir dans chaque cas. Quelqu'un cherche à découvrir comment cela s'est fait et qui l'a fait, et dans le cas qui nous occupe, c'est notre comité consultatif. Puis ils nous disent où en sont les choses, s'ils sont contents de ces essais, si c'était les essais qui conviennent, s'ils ont été faits comme il convenait, et d'habitude, nous ne cherchons pas à examiner la question plus à fond.

M. DRYSDALE: Est-ce que vous consentiriez à écrire à l'A.S.M.E., afin d'obtenir son avis sur la question du facteur de sécurité et demander à cet organe de charger l'un de ses sous-comités de confirmer la décision que vous avez rendue, savoir, que la réduction du facteur de sécurité dans la proportion de quatre à trois est tout à fait acceptable?

M. MACKENZIE: Vous parlez de la Commission de contrôle de l'énergie atomique?

M. DRYSDALE: Oui.

M. MACKENZIE: Je trouve que cela ne convient pas du tout.

M. DRYSDALE: Pourquoi?

M. MACKENZIE: Il ne convient pas que nous consultations une commission instituée sous les auspices de l'autorité fédérale, nous ne pouvons la consulter, elle est exclue aux États-Unis... et pourquoi le Gouvernement canadien se soumettrait-il à l'organisme américain?

M. DRYSDALE: Vous avez établi ce point. Qui est le monsieur près de vous? Est-ce un avocat?

Le PRÉSIDENT: Oui. Je vous présente M. Jarvis.

M. DRYSDALE: Veuillez m'excuser, monsieur Jarvis, je suis arrivé un peu en retard. J'essaie d'éclaircir la question, ce que vous entendez par autorité. Il est fait mention à la page (4) d'un «point de vue purement juridique».

M. NUGENT: Nous n'en sommes plus aux points de vue juridiques en ce moment; nous parlons du facteur de sécurité.

M. DRYSDALE: En vertu du CANDU, lorsque la question passera à l'Hydro-Ontario, est-ce que les règlements ne relèveront pas de la Loi dite Boiler and Pressure Vessels Act à cette époque précise? En d'autres termes, ils devront être conformes à la loi de l'Ontario. C'est bien cela?

M. JARVIS: Non, je ne pense pas, monsieur. Le réacteur relève du Gouvernement fédéral, non pas parce que celui-ci en est propriétaire, mais à cause de la nature de l'appareil. Je pense que cela ressort de la loi et que c'est là la seule décision qui en découle.

M. DRYSDALE: Avez-vous eu l'avis du ministère de la Justice ou avez-vous préparé votre avis vous-mêmes?

M. JARVIS: J'ai donné des avis à la Commission et une question que l'on peut dire connexe s'est posée à la Cour suprême de l'Ontario. Aucun appel n'a été interjeté par suite de la décision, mais il semble que celle-ci se fonde sur des jugements antérieurs. Il s'agit du cas où il fut décidé que les

questions ouvrières se rapportant à une mine d'uranium appartenant à un particulier relèveraient du gouvernement fédéral plutôt que du gouvernement provincial. Vous êtes peut-être au courant de ce cas. Il fut exposé de la façon la plus complète que la question, par sa nature, relevait du gouvernement fédéral.

M. DRYSDALE: Monsieur Jarvis, en tant qu'avocat, vous êtes au courant de l'article 46 du *Boiler and Pressure Vessels Act* auquel je fais allusion. Savez-vous pour quel motif l'inspecteur de chaudières n'en a pas fait mention à l'A.S.M.E., ainsi que le prévoit cette loi?

M. JARVIS: Je crois, monsieur, que vous vous éloignez des questions juridiques. Il était probablement convaincu que d'après ce qu'il savait et d'après les renseignements spéciaux qu'il pouvait obtenir de ceux qui s'étaient occupés de ce problème particulier, que la décision était bonne.

M. DRYSDALE: Vous connaissez l'article 46 du *Boiler and Pressure Vessels Act*?

M. JARVIS: J'ai un exemplaire de l'édition de 1956.

M. DRYSDALE: Je parlais de l'A.S.M.E.

M. JARVIS: C'est l'article 41 de cette loi dont voici la teneur:

Sous réserve de la présente loi et du règlement d'application, les publications de l'Association canadienne des normes, de l'Association américaine des normes et de la Société des ingénieurs en construction, modifiées à l'occasion, sont censés contenir les règlements auxquels doit se référer l'inspecteur en chef et les inspecteurs pour s'acquitter de leurs fonctions en vertu de la présente loi, en ce qui concerne l'approbation de l'étude, la fabrication, l'installation, l'inspection, l'essai et le fonctionnement des chaudières, appareils sous pression et centrales.

M. DRYSDALE: Mais vous n'avez pas fait d'inspection en vue de déterminer précisément comment a procédé l'inspecteur des chaudières lorsqu'il a rendu la décision spéciale qui d'après ce que je puis comprendre est tout à fait exceptionnelle.

M. NUGENT: Monsieur le président, il ne s'agit pas ici d'une question juridique; je pense que le témoin n'est ici qu'à titre d'avocat-conseil pour répondre aux questions juridiques. Maintenant, M. Drysdale désire poser les mêmes questions à M. Jarvis. On ne l'a certainement pas convoqué pour répondre à cette sorte de question.

M. DRYSDALE: Monsieur Nugent, veuillez vous reporter à la page (4) où M. Mackenzie dit qu'il n'est pas avocat, mais où il fait une déclaration «d'un point de vue purement juridique». Je cherchais à en découvrir le fondement et à savoir ce qu'il connaissait de la législation de l'Ontario.

M. NUGENT: Je pense que M. Mackenzie a expliqué ce qu'il entendait par ce paragraphe.

M. DRYSDALE: J'ai cru que M. Jarvis était tout désigné pour répondre à cette question d'ordre juridique.

M. NUGENT: Cette question ne me semble pas être une question juridique.

Le PRÉSIDENT: Nous sommes convenus de faire venir M. Jarvis pour répondre à toute question d'ordre juridique. Mais si nous laissons d'abord M. Mackenzie terminer la présentation de son exposé sur la sécurité. Désirez-vous terminer, monsieur Mackenzie? Vous pouvez alors procéder à votre interrogatoire.

M. MACKENZIE: J'avais commencé à expliquer, dans la mesure du possible, ce qu'on entend normalement par sécurité effective. Comme j'ai été interrompu au milieu de mon exposé, on comprendra qu'il me faille recommencer.

Récapitulons. D'abord, je désire souligner que, techniquement, le facteur de sécurité n'existe pas. La résistance limite, d'après le code, est un certain pourcentage de la force pratique, un certain pourcentage de la limite de l'élasticité, un certain pourcentage des efforts de résistance à la tension. Par conséquent, il n'existe pas de facteur de sécurité. Les ingénieurs parlent de facteurs de sécurité parce qu'ils savent de quoi ils parlent, mais c'est nous leurrer que de mettre toute notre confiance dans des chiffres.

Maintenant, parlons un peu de l'aspect pratique de l'établissement de charges pratiques raisonnables ou, si vous préférez, de facteurs de sécurité. Pour des raisons faciles à concevoir, les ingénieurs se servent de prétendus facteurs de sécurité dans l'étude des structures et du matériel. Ils savent ce qu'ils font. L'importance véritable de ce facteur varie avec le genre de structure et la nature des matériaux utilisés dans sa construction. Divers organismes scientifiques nationaux et internationaux se fondant sur l'expérience ont dressé des normes ou codes de sécurité recommandés pour l'étude de certaines constructions particulières. Par exemple, les normes relatives aux cuves sous pression non chauffées utilisées en Ontario et partout au Canada ont été établies par l'*American Society of Mechanical Engineers*. De tels codes constituent des guides forts pratiques pour les organismes chargés de fixer les normes de sécurité pour les modèles projetés, mais ces organismes ont une certaine latitude et il n'est pas rare qu'ils accordent des exemptions en ce qui concerne certaines dispositions de ces codes et, dans certains cas, les ingénieurs dessinateurs majoraient ces chiffres. Une certaine latitude est souvent nécessaire, par exemple, dans l'application de ces codes à des matériaux ou à des situations pour lesquels les codes n'ont pas été spécialement conçus.

Par exemple, un facteur de sécurité de quatre est jugé acceptable pour une chaudière à vapeur fabriquée de matériaux usuels pouvant permettre que des employés s'approchent de cette chaudière ou travaillent à proximité sans autres mesures de protection, ou du moins très peu. Mais si cette chaudière est installée dans un caveau hermétique en béton, de façon que plusieurs pieds de béton la séparent des employés, les risques sont certainement très différents lorsque le mot «sécurité» est employé dans ce sens. Encore une fois, quel facteur de sécurité devrait être adopté dans le cas d'une chaudière contenant des matières hautement radioactives et dont la rupture aurait des conséquences extrêmement graves? Je parle de ces questions pour souligner qu'il est très important de ne pas adopter à l'aveuglette, à des fins d'utilisation d'énergie nucléaire, des codes de sécurité conçus pour un outillage usuel, avant de connaître davantage la question.

Lorsque les circonstances ne sont pas normales (et elles ne le sont certainement pas dans ce cas), la demande devrait contenir un argument détaillé ou une preuve fondée sur des essais que la diminution projetée du facteur sécurité ne créera pas de risques inacceptables, ou bien il faut démontrer qu'il est possible d'assurer une protection équivalente par d'autres moyens.

Les *demandeurs* du permis de construction relatif au NPD-2 ont fourni des arguments et des preuves de ce genre, tant à la Division de l'inspection des chaudières de l'Ontario qu'à la Commission, par l'intermédiaire du comité consultatif en matière de sécurité des réacteurs. Je crois savoir qu'un exemplaire de la demande qu'ils ont adressée aux services d'inspection des chaudières a été déposé devant votre Comité. En résumé, ce document proposait l'emploi de tubes d'une certaine épaisseur à une pression de travail d'environ 1200 l. p.c. (livres par pouce carré) et à une température d'environ 525 degrés.

Ces tubes sont en zircaloy. Le zircaloy utilisé dans nos tubes sous pression est une substance relativement nouvelle. Si je ne m'abuse, l'A.S.M.E. n'a

pas encore adopté un chiffre correspondant à sa résistance limite et rien dans le code ne se rapporte à cette nouvelle substance.

Cependant, l'A.E.C. a publié des données qui, d'après les ingénieurs de la C.G.E., sont très en deçà de la réalité. Ils ont constaté que des essais effectués pour les divers tubes donneraient des chiffres plus élevés et ils ont déclaré: «nous pensons qu'un facteur de sécurité sur les chiffres publiés de l'ordre de trois à un serait satisfaisant».

La question a été discutée très longuement et a porté sur le fait que les essais qui normalement auraient dû être effectués sur des matières pouvant convenir à la fabrication de tubes sous pression n'ont pas été ce que l'on avait proposé. Les essais qu'on nous avait proposés étaient extrêmement poussés et exceptionnels; il en allait de même pour l'inspection. On avait proposé que les matières fussent éprouvées par toutes les méthodes que j'ai indiquées et qu'à la fin elles fussent brisées. Puis M. McRae, je pense, vous a communiqué les résultats des essais qui indiquent que les essais effectifs faits isolément ont tous donné des chiffres supérieurs à ceux du premier essai. Par conséquent, si vous appliquez ce facteur de sécurité, vous avez effectivement des chiffres qui auraient pu correspondre aux vôtres. Si vous vous préoccupez vraiment de la sécurité effective de ce réacteur, vous devez procéder comme nous vous l'indiquons en ce moment.

Un autre point à considérer, puisque nous nous intéressons à la sécurité que présente le réacteur et à la sécurité de la population, c'est que le comité consultatif pour la sécurité des réacteurs a, de son côté, abordé le problème d'un autre angle. Il a exigé que les demandeurs soumettent une appréciation détaillée des conséquences possibles, s'il se produirait une rupture, quelque peu probable que cela puisse paraître. Le comité, s'inspirant de l'examen qu'il a fait de cette appréciation, a conclu que dans le cas d'un tel accident, les employés ou le grand public ne seraient pas exposés aux dégagements de matières radioactives ou de vapeur.

Voilà la situation telle qu'elle se présentait devant notre commission quand nous avons délivré le permis. La Direction de l'inspection des chaudières en Ontario estimait que c'était raisonnable. J'ai l'impression qu'elle donnera ou ne donnera pas son approbation. Je ne puis vous dire ce qui se produit dans l'organisme gouvernemental provincial. De toute façon, nous croyons savoir que c'était raisonnable. Les facteurs dits de sécurité applicables à ces tubes et déterminés par des essais plutôt que par le calcul des valeurs publiées sont d'au moins quatre. Il est donc absurde de dire qu'ils ne sont pas sûrs. Nul ne peut garantir que des ruptures ne se produiront pas dans certains des tubes, qu'on utilise des facteurs de sécurité de trois, quatre ou cinq, ou plus, mais même dans le cas peu probable d'une rupture dans un ou plusieurs tubes, nos experts-conseils sont d'avis, à la suite d'investigations minutieuses, que la sécurité des employés et du public n'est pas compromise.

En considération de toutes ces investigations et études, notre commission a reconnu que le facteur de sécurité proposé était acceptable. Elle a été impressionnée par le souci d'exactitude de ceux qui les ont poursuivies, de même que par la confiance qu'ils inspiraient. Nous avons donc accordé le permis. Voilà où nous en sommes aujourd'hui.

M. AIKEN: Monsieur Mackenzie, cette question des facteurs de sécurité ne me paraît pas claire; je voudrais savoir si je la comprends bien. Lorsqu'il y a des facteurs inconnus ou des points faibles dans une telle entreprise, vous exigez peut-être un facteur de sécurité plus élevé qui tient compte de la possibilité de telles quantités inconnues? Est-ce à cela que le problème se résume? Si l'on ne fait pas une inspection complète de chaque partie constituante du réacteur, il faut vraiment un facteur de sécurité plus élevé.

M. MACKENZIE: Pour obtenir le même degré de protection. Si vous étiez absolument sûr de chaque chose, si vous étiez sûr des charges et de la résistance, un facteur de 1.1 ne comporterait aucun risque. Bien entendu, cela ne se présente jamais.

M. STEARS: Permettez-moi de revenir sur ce point. Il semble ressortir de ce que MM. Mackenzie et Drysdale ont dit il y a un instant qu'aucun organisme indépendant n'est chargé de régler la question du facteur de sécurité. Cependant, à la page 22 du fascicule 21 du 18 mai 1961, j'ai demandé à M. Gray si ses cuves sous pression étaient assurées ou non. Il m'a dit qu'elles l'étaient. Plus tard, nous avons appris qu'elles étaient assurées par la *Boiler Inspection Company of Canada*. A mon avis, la *Boiler Inspection Company* n'assurerait pas ces cuves, à moins d'être raisonnablement sûre qu'elle n'aura pas à verser de fortes sommes en dommages-intérêts, par suite de la panne de cuve particulière. D'après ce qu'ont dit MM. Drysdale et Mackenzie, il semble qu'il n'y a pas eu d'examen indépendant en ce qui concerne les risques.

M. DRYSDALE: Quel examen l'organisme ferait-il?

M. STEARNS: S'il s'agissait de la *Boiler Inspection Company of Canada*, ils n'accepteraient pas le risque tant qu'il ne leur aurait pas été prouvé que les accidents étaient peu probables.

M. BEST: Il s'agit là de probabilités, monsieur Stearns.

M. STEARNS: Je désirais élucider cette question.

La seule autre question que je désire poser à M. Mackenzie porte sur l'enveloppe de béton qui entoure votre réacteur. Quelle pression d'après vos calculs, pourra-t-elle supporter sans se rompre?

M. MACKENZIE: Je ne saurais vous répondre à brûle-pourpoint. L'enveloppe est très épaisse et lorsque qu'elle s'étend en un volume considérable, la pression n'est pas très forte. Je n'ai pas de chiffres sous la main. La question est à l'étude depuis trois ou quatre ans.

M. STEARNS: Je veux parler ici de la sécurité des employés qui se trouvent dehors.

M. MACKENZIE: Ils en sont assez éloignés.

M. BEST: La discussion du facteur de sécurité et de ses éléments et la façon de les étudier avec plus d'exactitude m'ont vivement intéressé. Il y a plusieurs parties de ce mémoire que je désire examiner. Je trouve, monsieur, sauf le respect que je vous dois, que votre déclaration s'écarte du bon sens lorsque vous dites qu'un facteur de dix est plus dangereux qu'un facteur de deux. Je puis concevoir que cela se produise de temps en temps, mais cela est peu probable.

M. MACKENZIE: Je voulais souligner que le facteur de sécurité n'était pas un risque.

M. BEST: C'est quelque chose de variable qui, de son côté, dépend de facteurs variables, mais il y a bien peu de possibilités qu'un facteur de dix soit moins sûr qu'un facteur de deux.

M. MACKENZIE: Il faudrait que ce soit un cas où nous ne connaissons bien peu.

M. BEST: Deuxièmement, vous avez mentionné la rupture d'un tube et vous avez dit que cela ne comporterait pas de risques pour le personnel.

C'est possible, mais là encore, l'aspect économique de cette situation peut être certes plus considérable que dans le cas d'une chaudière normale, parce qu'alors vous pourriez peut-être parvenir à payer les dégâts. Vous pourriez assurément obtenir un délai. Je crois savoir qu'à l'heure actuelle, Idaho Falls, aux États-Unis, bénéficie d'un tel délai. Je crois qu'ils ne se sont pas encore

transportés sur les lieux de l'accident; et si l'on ajoute sur une période de six mois ou de douze mois la perte de temps, la perte de recettes, etc., cela représenterait sûrement un facteur qui en soi, serait plus considérable dans le cas d'une chaudière de réacteur atomique que dans celui d'une chaudière normale. En plus de protéger la vie et la santé de l'homme, nous avons peut-être ici un autre motif de sauvegarder les facteurs économiques qui joueront peut-être un rôle plus important dans l'utilisation de ce genre de chaudières que dans celle des chaudières classiques.

M. MACKENZIE: C'est à mon avis un très bon argument. C'est évidemment le point de départ de ceux qui essayent de rendre plus économique l'exploitation des centrales d'énergie. Les ingénieurs qui s'y emploient ne sont pas nécessairement ceux de nos services de sécurité. Ils ont particulièrement à cœur la réalisation d'une centrale d'exploitation économique; vous constaterez d'ailleurs que les dirigeants de l'Hydro-Ontario tiennent bien compte de ce facteur. Ils ont peut-être accordé autant d'attention, sinon davantage, à cette étude que nous qui ne nous préoccupons que de la sécurité centrale, j'accorderais une très grande importance à votre point de vue. Cependant, cela ne relèverait aucunement de notre commission. Notre rôle se limite à la sécurité. En réalité, dans certaines circonstances, il y a désaccord, parce que pour des raisons dictées par les impératifs de la science nucléaire et des raisons d'ordre économique, certains membres du personnel désirent des diamètres plus petits et nos services de sécurité répondent: «Cela est peut-être très bien, mais nous devons être convaincus que la sécurité n'est pas compromise.»

M. BEST: Voilà le nœud du problème. C'est en réalité ce qui nous intéresse: le côté économique de la question. Si ce facteur devait être plus large, peut-être que ce genre de réacteur serait du point de vue économique supplanté par quelque autre genre de réacteur. Ce facteur, le côté économique de l'utilisation de ce genre de réacteur, voilà le point critique.

M. MACKENZIE: Je suis d'accord avec vous. Il en va de même pour les avions. Sans le moindre doute, vous avez trouvé un facteur très important. Cela m'intéresse vivement, même si je ne suis pas spécialiste de la question. Ces conflits se présentent toujours lorsque vous pénétrez dans de nouveaux domaines; en aviation, par exemple, lorsque vous devez réduire le facteur de sécurité des appareils en faveur de l'économie. Je pense que c'est ce que l'on fait aujourd'hui dans les usines d'essai. Nous sommes en pleine période de perfectionnements techniques. Nous avons, au Canada, joué un rôle de première importance dans ce domaine. Nous sommes des mieux côtés à l'étranger; c'est pourquoi je ne suis pas porté à confier quoi que ce soit à d'autres pays. L'intérêt grandissant d'une centrale comme la nôtre est reconnu partout. Pendant quelque temps, je n'avais pas beaucoup confiance en l'avenir de cette centrale; maintenant elle est pleine de promesses. Il s'agit de réduire les frais au minimum.

M. BEST: Je pense bien que vous n'avez pas un exemplaire de votre discours qui s'intitulait si je ne m'abuse: *Explosion scientifique*.

M. MACKENZIE: Je pourrais vous en procurer un exemplaire.

Le PRÉSIDENT: Je pense qu'on en a fait distribuer.

M. BEST: Est-ce qu'on ne pourrait pas l'annexer au compte rendu?

Le PRÉSIDENT: Au moment de sa présentation, on a jugé qu'il relevait plus de la recherche que de l'énergie atomique.

M. BEST: Je reconnais qu'il est du domaine générale.

M. MACKENZIE: Il a trait aux progrès techniques qui se réalisent dans notre pays.

Le PRÉSIDENT: Puisque vous avez soulevé la question, il s'agit d'un discours que M. Mackenzie a prononcé à Montréal, le 15 février. On ne l'a pas incorporé dans notre compte rendu.

M. BEST: Je sais qu'il a été présenté au Comité.

Le PRÉSIDENT: Désirez-vous qu'il fasse partie du compte rendu?

M. BATEN: Oui, monsieur le président.

Le PRÉSIDENT: Alors c'est convenu.

M. DRYSDALE: Je désire appeler l'attention du Comité sur un point. M. Stearns a touché la question de l'assurance. A la page (947) du compte rendu, je constate que l'assurance de la chaudière ne s'applique qu'à Chalk River et à Deep River et non à Rolphton où sont situés le NPD-2 ou le CANDU.

M. PITMAN: Comme nous sommes intéressés au facteur de sécurité, peut-être M. Mackenzie pourrait-il nous dire quelles sortes d'essais ont fait les ingénieurs de la C.G.E. J'ai assisté à ces essais et j'ai été émerveillé par leur portée, par la minutie dont ils font l'objet et par les techniques utilisées. Les techniques utilisées pour l'examen de chaque pièce étaient presque de la radiographie. Il est possible que si l'on nous expliquait dans quelle mesure elles ont été utilisées, cela nous serait utile. Peut-être pourrions-nous demander un rapport sur l'étendue des essais effectués pour chaque pièce. J'ai l'impression que nous nous préoccupons d'une question qui, au fond, n'est peut-être pas aussi déconcertante qu'elle n'en a l'air.

Le PRÉSIDENT: Monsieur McRae, le président du conseil d'administration a souligné dans ses témoignages l'importance des nombreux essais qui ont été effectués. Il a même insisté sur cette importance.

M. PITMAN: Il ne s'est pas étendu sur le caractère de ces essais ni sur leur description.

M. MACKENZIE: J'ai songé à apporter ces documents, puis j'ai pensé que peut-être vous ne tiendrez pas à entrer dans de tels détails. Je pense que cela ferait un très bon appendice, parce que ces essais sont tout à fait extraordinaires. Ils ont été effectués dans les moindres détails, par des moyens hydrauliques et par les méthodes scientifiques les plus modernes. Les résultats de ces essais sont réconfortants pour moi qui attache tant d'importance à la sécurité... personne ne désire que cela saute. Nous avons tous le même intérêt, mais j'ai peut-être plus de responsabilités que quiconque en l'espèce. A mon âge, je ne tiens pas à ce qu'on se laisse aller à la négligence. On ne saurait être plus prudent. Vous pouvez ergoter sur la façon dont nous avons procédé, sur les moyens que nous devrions prendre, mais, c'est un fait, vous avez un réacteur qui offre toutes ces garanties de sécurité. J'estime la chose importante et toute ma satisfaction vient de la certitude que ces essais ont été bien menés. Je sais que chaque pièce est approuvée et j'ai confiance en un facteur de sécurité de trois, ou même de deux.

M. PITMAN: Je me demande si les données que M. Mackenzie a mentionnées ne pourraient pas être annexées également?

M. MACKENZIE: Nous pourrions vous les procurer facilement.

M. PITMAN: Elles seraient d'une grande utilité. J'ai été absolument émerveillé de ce qu'ils ont fait.

Le PRÉSIDENT: Acceptez-vous que ces documents soient annexés?

Assentiment.

M. Mackenzie se chargera de nous les procurer.

M. CHATTERTON: Au risque de paraître ignorant, permettez-moi de faire observer que M. Drysdale semblait tenir par principe à ce que l'inspection

soit confiée aux fonctionnaires de la compagnie qui ont mis au point cette pièce. Puis-je demander à M. Mackenzie si, dans le cas où votre comité consultatif n'aurait pas été convaincu de la précision, de la pertinence ou de la convenance des essais effectués par les ingénieurs de la C.G.E., il aurait chargé d'autres organismes d'effectuer ces essais?

M. MACKENZIE: Étant donné que nous sommes une commission, ils nous auraient présenté un rapport déclarant qu'ils n'avaient pas confiance dans la méthode utilisée. Pendant ce temps, nous discuterions la question à fond. Comme il y aurait là divers experts, nous en arriverions à une conclusions sur la façon dont on aurait effectué les essais.

Le PRÉSIDENT: Y a-t-il d'autres questions?

M. BEST: Monsieur le président, nous avons parmi nous aujourd'hui M. Boyd qui a d'abord exposé, il y a quelques semaines le problème du facteur de sécurité. Au cours des dernières semaines, il a assisté à nos séances assez fidèlement. Nous permettrait-il de lui demander d'autres commentaires sur la question, en s'inspirant à la lumière de ce qu'il a entendu, et de lui demander s'il désire ajouter quelque chose à ses commentaires antérieurs; c'est lui qui a d'abord soulevé la question. Mais à la condition seulement que M. Mackenzie ait terminé son témoignage.

M. MACKENZIE: Je n'ai pas l'intention d'engager la discussion avec M. Boyd. Je sais tout ce qu'il a fait. Nous sommes amis et je ne veux pas compromettre cette amitié par des actes qui pourraient engendrer plus de mésentente; c'est une chose que je veux éviter. Il agit sans doute de bonne foi et je ne veux pas aborder le problème sur le plan personnel. Je n'ai pas l'intention de discuter. Je suis un haut fonctionnaire de l'État et c'est à ce titre que j'agis. Je vous ai donné mon avis. On aurait tort de penser que je suis pas impartial ou d'insinuer que nous ne sommes pas impartiaux ou indépendants. Nous sommes aussi indépendants ou intéressés à la sécurité que l'on puisse désirer l'être. Si vous mettez en doute notre jugement, je vous ferai observer que nous sommes nommés par l'État, par un arrêté en conseil. Nous ne sommes pas des employés de l'administration quelle que soit l'interprétation de ce terme. Je suis ici pour présenter mes chiffres. Si vous appelez M. Boyd, veuillez m'autoriser à quitter la salle.

M. BEST: Permettez-moi quelques observations. Nous reconnaissons tous, je pense, les nombreuses années de service que M. Mackenzie a accomplies à plusieurs titres et dont il n'est nullement question ici aujourd'hui. M. Mackenzie est l'un de nos savants les plus éminents. Toutefois, je pense que les mesures rigoureuses qu'il a mentionnées sont assez éloignées de celles que nous avons à l'esprit même si elles se rattachaient à notre mandat ou entraient dans les attributions du gouvernement. Cependant, nous nous devons à nous-mêmes non moins qu'à la Chambre, d'entendre non seulement des témoins de l'extérieur et, des organismes gouvernementaux, mais aussi des témoins du plus grand nombre de milieux possibles en dehors des organismes gouvernementaux en question. Négliger certains détails dans ces enquêtes serait nous dérober à certaines des tâches qu'on nous a confiées.

C'est seulement en ce sens que je propose que M. Boyd fasse des commentaires ou peut-être une déclaration, si on l'y invite. Il serait peut-être même plus sage de lui demander de se borner à faire une déclaration sur cette question qu'il a d'abord soulevée il y a quelques semaines, et non d'entamer une discussion. Peut-être désirez-vous, dans votre sagesse, monsieur le président, circonscrire les questions, les contre-interrogatoires où les contre-courants entre témoins.

M. ROBINSON: Monsieur le président, nous avons eu une déclaration de M. Mackenzie et je l'approuve de ne pas vouloir entrer en controverse avec M.

Boyd. C'est très bien d'écouter M. Boyd en ce qui concerne le Comité, mais je ne tiens pas à entendre une controverse ou des contre-interrogatoires sur la question.

M. DRYSDALE: Monsieur le président, j'aimerais entendre M. Boyd, qui est ingénieur, nous exposer dans ses grandes lignes ce qu'est l'A.S.M.E. et quels sont ses relations. Il pourrait donner son avis sur les organismes canadiens et sur le rôle de ce groupe particulier, et sur l'expérience que le sous-comité possède dans le domaine de l'énergie nucléaire, parce que M. Mackenzie nous a laissé entendre qu'il s'agissait d'un organisme américain et que nous ne devrions pas, en tant que Canadiens, nous préoccuper d'un organisme américain. Je désire placer la question dans une juste perspective, en raison du fait que l'*Ontario Pressure Vessels Act* mentionne particulièrement l'A.S.M.E.

J'ai vainement tenté, au cours des 20 ou 30 dernières minutes, de trouver le certificat spécial qu'a délivré l'inspecteur. Comme nous avons un bon nombre de documents classés, celui-là n'est sans doute que momentanément égaré. Je désire cependant entendre les commentaires de M. Boyd en ce qui concerne la marche à suivre eu égard à cette loi particulière et en ce qui concerne l'A.S.M.E.

Je ne tiens aucunement à critiquer M. Mackenzie que je vois ici pour la première fois. Je ne cherche rien d'autre que des renseignements clairs et précis, et cela me semble très important. Il n'y a de ma part aucune critique à l'endroit de M. Mackenzie; si mon interrogatoire a été très serré, c'est que j'estimais le meilleur moyen d'obtenir la vérité.

M. BEST: Dans ce cas, vous pourriez, monsieur le président, orienter les discussions et régler l'ordre des questions au sens le plus strict, ou simplement fixer des règles fondamentales régissant celles-ci.

Le PRÉSIDENT: A mon avis, il est très difficile d'établir des règles fondamentales. Je tiens M. Mackenzie en très haute estime.

M. STEWART: Je pense que l'exposé de M. Mackenzie est juste. Je ne vois pas la nécessité de rappeler M. Boyd.

Le PRÉSIDENT: Personne ne met vraiment en doute les paroles de M. Mackenzie.

M. STEWART: A propos du facteur sécurité, comme le fait observer M. Mackenzie, si vous connaissez la résistance absolue des matériaux et les efforts auxquels ils seront soumis, vous pouvez alors calculer le facteur de sécurité minimum. Si vous discutez en termes relatifs et opposez un témoin à un autre, j'estime que cela n'est pas très équitable.

Le PRÉSIDENT: J'ignore comment vous comptez faire pénétrer dans l'esprit des membres du Comité des faits et des renseignements pouvant constituer un rapport, si vous n'avez pas entendu de témoignages; ceux-ci pourraient ne pas concorder.

M. BEST: Nous avons, par le passé, accordé à M. Gray et aux autres toute liberté de commenter les témoignages. Je ne demande pas cela, mais je propose tout simplement que l'on demande à M. Boyd qui a d'abord soulevé le problème de faire, en ce moment, s'il le désire, un commentaire et rien de plus.

M. STEARNS: Je pense que si nous écoutions M. Boyd qui a assisté à toutes les séances, cela pourrait nous être utile, mais je ne pense pas qu'il devrait nous être permis de l'interroger cet après-midi, puisqu'il n'a pas été convoqué à titre de témoin.

Le PRÉSIDENT: Je trouve que M. Mackenzie a été très généreux dans les propos qu'il m'a tenus, lorsqu'il a dit, il y a quelques instants, qu'il trouve tout à fait injuste qu'un homme possédant autant d'expérience que lui soit mis dans une situation où quelqu'un d'autre qui a assisté aux séances puisse

avoir le dernier mot. Je tiens à assurer à M. Mackenzie que notre comité écouterait M. Boyd avec plaisir, si l'on en juge par les avis exprimés ici, et qu'il n'y aura pas de feux croisés entre M. Boyd et M. Mackenzie. Je pense que ceux qui expriment la plupart des opinions s'accordent pour souhaiter que nous cédions la parole à M. Boyd. Je pensais que nous aurions pu tenir compte des recommandations du comité directeur, mais étant donné le grand nombre de membres qui ont exprimé le désir d'entendre M. Boyd faire un bref exposé, je propose que l'on s'en tienne aux vœux du Comité. Puis, s'il le désire, M. Mackenzie pourra faire une déclaration à la suite de celle de M. Boyd. Comme je l'ai dit au début, je tiens à éviter tout ce qui pourrait blesser M. Mackenzie, car je le connais depuis très longtemps, ayant eu avec lui les relations les plus cordiales et j'ai pour lui le plus profond respect. M. Mackenzie voudra bien, n'est-ce pas, rester patiemment avec nous pendant que nous entendrons M. Boyd. En réalité, nous devrions avoir ici un représentant de l'*Atomic Energy of Canada Limited*.

M. BEST: Je regrette que M. Laurence ne soit pas ici aujourd'hui.

Le PRÉSIDENT: Peut-être devons-nous le faire revenir, parce que vraiment, en toute justice pour les intéressés et j'espère que les membres du Comité sont d'accord sur ce point, un représentant de Chalk River devrait être notre dernier témoin. Nous sommes tous d'accord?

M. STEARNS: Oui, absolument.

Le PRÉSIDENT: Vous avez la parole, monsieur Boyd.

M. WINNETT BOYD (Président de l'*Arthur D. Little of Canada Limited*): Je vous remercie, monsieur le président, de m'autoriser à me présenter de nouveau devant vous.

Permettez-moi tout d'abord de vous dire toute l'estime que j'ai pour M. Mackenzie que j'ai toujours considéré comme un excellent ami et conseiller. C'est lui qui m'a invité à la science nucléaire et qui m'a toujours témoigné beaucoup de bonté et de générosité dans ses observations et en me prêtant son concours.

Il y a une foule de choses dont je voudrais parler; en particulier de déclarations que d'autres ont faites relativement aux preuves que je vous ai présentées. Par exemple, en commentant mon exposé, M. Gray a mentionné qu'un facteur de sécurité de trois était utilisé pour les appareils sous pression des sous-marins nucléaires des États-Unis. Je devrais peut-être souligner que pour deux raisons, le facteur de sécurité est toujours plus bas pour le matériel militaire que pour le matériel civil. Premièrement, la période d'utilisation du matériel militaire est relativement limitée. De plus, il y a toujours le désir dans le cas de matériel militaire de réduire le facteur de sécurité au minimum, afin d'obtenir le meilleur rendement possible.

Permettez-moi de vous donner un exemple. Les moteurs des avions militaires sont souvent étudiés (de fait, ils le sont invariablement) pour donner un rendement très élevé au cours d'une période de service relativement courte. Si ces moteurs servaient à des fins civiles, on les soumettrait à un rendement plus faible, et il en résulterait une durée plus longue et un facteur de sécurité plus élevé.

M. Gray a fait une autre comparaison en plus d'établir un rapport entre le facteur de sécurité qui s'applique, d'une part à nos réacteurs et, de l'autre, aux avions. C'est un domaine que je connais assez bien. Ce que M. Gray a fait, c'est comparer le facteur de sécurité applicable aux avions soumis à des conditions extrêmes avec le facteur de sécurité applicable à nos réacteurs nucléaires utilisés dans des conditions normales. Par exemple, dans des conditions normales de vol, le facteur de sécurité d'un avion est extrêmement élevé, parce qu'il doit être en mesure de résister à des conditions extrêmes,

comme par exemple la ressource après un piqué, un atterrissage brutal ou la traversée d'un orage. Certains avions doivent parfois être soumis à 12 gravités pour effectuer une ressource après un piqué. Cela réduit de fait le facteur de sécurité et dans de tels cas, on utilisera un facteur de sécurité de l'ordre de 1.5 ou de 2. Par conséquent, le facteur de sécurité appliqué aux avions utilisés dans des conditions normales est extrêmement élevé.

On a beaucoup insisté sur le fait qu'un facteur de sécurité plus bas pouvait s'appliquer aux tubes de zircaloy, en raison de l'inspection minutieuse préalable dont ces tubes font l'objet. Cela ne veut pas dire en réalité que vous ayez à l'origine un facteur de sécurité élevé, mais rappelle plutôt que ces tubes doivent être sûrs pendant toute la durée du réacteur, étant donné que certaines formes de détérioration peuvent se produire.

Il existe ce qu'on appelle la fragilité de l'hydrogène. Il y a aussi ce qu'on appelle la fissuration des substances corrodées soumises à la tension. C'est pour ces deux raisons qu'aux États-Unis la *General Electric* a abandonné l'usage du zircaloy dans la construction de ses piles à eau bouillante. Pour les nouvelles piles d'énergie, la *General Electric* n'offre que des éléments à combustible revêtus d'acier inoxydable.

Il y a une autre différence entre les avions et les réacteurs nucléaires. Dans le cas des avions, les moteurs sont faciles d'accès pour les visites périodiques. C'est chose tout à fait normale que de déposer des moteurs d'avion, les démonter jusqu'au dernier écrou et au dernier boulon, afin de les inspecter minutieusement, remplacer leurs pièces usées et les remonter. Dans nos réacteurs nucléaires, il est absolument impossible d'examiner les tubes sous pression après que le réacteur a commencé à fonctionner. MM. Willis et Gray l'ont confirmé dans leurs témoignages.

Une autre raison pour laquelle il faut examiner le zircaloy assez minutieusement, c'est qu'il s'agit d'un nouveau matériau dont on doit examiner chaque particule afin de déterminer s'il répond aux normes établies. On ne peut, dans le cas du zircaloy, s'appuyer sur une expérience aussi vaste que celle que l'on possède en ce qui concerne une substance aussi simple que l'acier au carbone utilisé dans les tubes de chaudières ordinaires. Par conséquent, pour obtenir les propriétés désirées, il faut faire un examen très minutieux du matériau avant de l'utiliser.

Il y a autre chose que je désire relever au sujet du facteur de sécurité. Pourquoi l'A.E.C.L. refuse-t-elle si obstinément de se conformer aux normes de l'A.S.M.E.? Au demeurant, ces normes sont plus rigoureuses que celles qu'ont appliquées nos propres autorités canadiennes.

M. DRYSDALE: Pardonnez-moi de vous interrompre. Étant ingénieur, vous connaissez bien, je suppose, le *Boiler and Pressure Vessels Act*. Vous m'avez peut-être entendu en lire l'extrait qui se rapporte à l'A.S.M.E. Je me demande si vous ne pourriez pas donner au Comité un aperçu de l'histoire de l'A.S.M.E. et de ses rapports avec l'*Ontario Boiler and Pressure Vessels Act*?

M. BOYD: Oui, bien sûr, monsieur Drysdale. D'ailleurs, j'ai réfléchi à la question et j'ai préparé un exposé assez précis de la situation qu'il me ferait grand plaisir de vous présenter. D'autre part, si vous le désirez, je serai heureux de le faire dans le particulier.

Le PRÉSIDENT: Veuillez poursuivre le sujet que vous avez commencé à exposer; M. Drysdale pourra ensuite soulever l'autre question.

M. DRYSDALE: Je pensais que cela faisait partie de ce qu'il décrivait et je désirais le faire inscrire au compte rendu.

M. BOYD: C'est bien vrai que ni le NPD2 ni le CANDU ne tombent sous le coup des lois provinciales tant qu'ils appartiennent au gouvernement fédéral.

Dès que l'une de ces centrales d'énergie est transférée au gouvernement provincial, elle doit être soumise aux lois provinciales applicables ainsi qu'à toute loi fédérale applicable.

Les facteurs de sécurité entrent en jeu dans l'utilisation du matériel pour deux bonnes raisons. La première intéresse la protection des personnes qui travaillent près des réacteurs, c'est-à-dire, les techniciens. La deuxième est d'ordre financier: il faut protéger la mise de fonds que représente le matériel. Il se peut très bien que personne ne soit blessé si un tube sous pression du réacteur CANDU venait à éclater. D'autre part, les employés n'auraient peut-être pas le temps de s'éloigner, comme par exemple, lorsque le réacteur d'Idaho Falls a explosé, ou plutôt a été «descendu». C'est ainsi que, rien ne laissant prévoir cette catastrophe, les personnes qui travaillent autour du réacteur ont perdu la vie. Mais il s'est produit une autre chose, le réacteur est maintenant immobilisé. L'accident a eu lieu au cours de la première moitié de janvier et personne n'a encore pu pénétrer dans le bâtiment assez longtemps pour y commencer les réparations. La perte de recettes qui résulterait de la fermeture du CANDU serait à elle seule de \$19,200 par jour, soit 7 millions de dollars par année, sans compter les frais de réparation. Par conséquent, du point de vue économique, l'idée de fixer le facteur de sécurité à un maximum absolu est vraiment motivée.

L'argument que j'ai fait ressortir en ce qui a trait à nos réacteurs canadiens et j'insiste sur ceux-ci...

Le PRÉSIDENT: N'en avez-vous pas déjà parlé?

M. BOYD: Si, dans mon témoignage.

Le PRÉSIDENT: Alors il est inutile de répéter ce que vous avez déjà dit.

M. BOYD: Très bien, monsieur. Au nombre des lois provinciales qui s'appliquent aux chaudières et cuves sous pression, il y a d'abord la loi provinciale dite *Ontario Boiler and Pressure Vessels Act*. Ainsi que vous l'a fait observer M. Drysdale, l'article 46 de cette loi est ainsi conçu:

Sous réserve de la présente loi et du règlement d'application, les publications de l'Association canadienne des normes, de l'Association américaine des normes et de la société des ingénieurs en construction, modifiés à l'occasion, sont censés contenir les règlements auxquels doivent se référer l'inspecteur en chef et les inspecteurs pour s'acquitter de leurs fonctions, en vertu de la présente loi, en ce qui concerne l'approbation de l'étude, la fabrication, l'installation, l'inspection, l'essai et le fonctionnement des chaudières, des cuves sous pression et des usines centrales.

Puis la loi réfère l'ingénieur en fonction et les inspecteurs à la publication de ces trois sociétés ou organismes indépendants, l'un d'eux étant l'Association canadienne des normes dont le code porte surtout sur la procédure et, par conséquent, indique les codes particuliers des deux autres organismes servant à ce genre de matériel. A l'article 3.1 du code de la C.S.A., on peut lire ce qui suit:

Sauf disposition contraire du présent code, les normes qui régissent l'étude, la fabrication, l'installation, l'essai et l'inspection des chaudières, des cuves sous pression, des tuyauteries et des garnitures seront celles qui sont exposées dans les éditions de 1959 (ou dans les dernières éditions, s'il n'y a pas eu d'édition de 1959) des codes subséquents de l'*American Society of Mechanical Engineers* ainsi que dans les modifications et dans les suppléments subséquents de ce code, lorsque ceux-ci ont reçu l'approbation de l'inspecteur en chef.

Puis cette liste comprend le code de 1959 relatif aux chaudières et aux cuves sous pression de l'A.S.M.E., applicable aux cuves sous pression non

chauffées. L'article VIII est intitulée «Cuves sous pression non chauffées» et l'on trouve certains énoncés à la page c) de ce code. Par exemple, une cuve sous pression non chauffée doit satisfaire aux normes de l'A.S.M.E. Bref, les ingénieurs doivent se conformer au code de l'A.S.M.E. relatif aux cuves sous pression non chauffées que l'on considère généralement comme la bible des ingénieurs dans ce domaine.

Comment le code s'applique-t-il? Si nous ouvrons la dernière édition du code de 1959 relatif aux chaudières et cuves sous pression de l'A.S.M.E., on trouve certains énoncés à la page c) de l'article VIII intitulé «Cuves sous pression non chauffées» Voici le code dont j'ai parlé:

1. *L'American Society of Mechanical Engineers* a formé un comité en 1911 en vue de l'établissement de normes régissant la construction de chaudières à vapeur et autres cuves sous pression. Ce comité est maintenant désigné sous le nom de comité des chaudières et cuves sous pression.
2. Le rôle du comité est d'établir des règles de sécurité s'appliquant à l'étude, à la fabrication et à l'inspection en cours de construction des chaudières et des cuves sous pression non chauffées et d'interpréter ces règles lorsqu'il se pose des problèmes au sujet de leur but. En formulant ces règles, le comité tient compte des besoins des usagers, des fabricants et des inspecteurs de cuves sous pression.
5. Le comité des chaudières et des cuves sous pression se réunit régulièrement afin d'étudier les demandes d'interprétation et de révision des règles. Pour être étudiées, les demandes doivent être formulées par écrit et donner tous les détails utiles. Les demandes d'interprétations qui sont de caractère courant peuvent être confiées au secrétaire du comité des chaudières sans passer par un sous-comité. Toutes les autres sont d'abord soumises aux sous-comités compétents qui les étudient et recommandent une ligne de conduite au comité principal à cet effet. Les dispositions qu'adopte le comité principal ne prennent effet qu'après que le comité les a confirmées par correspondance et que le conseil de la société les a approuvées.

Par conséquent, si un inventeur désire se départir du code de quelque façon que ce soit, il y a une certaine façon de procéder que l'on observe ordinairement. Les demandes de directives et d'interprétations du code sont constamment envoyées de toutes les régions du Canada et des États-Unis au comité des chaudières et appareils sous pression de l'A.S.M.E. Ces nouvelles directives qui traitent souvent du matériel nucléaires utilisé aujourd'hui sont publiées et adressées aux ingénieurs qui les conservent comme suppléments à leur code. Par exemple, j'ai ici une liste d'interprétations du code relatif aux chaudières et aux cuves sous pression qu'a approuvé le conseil de l'A.S.M.E., le 1<sup>er</sup> novembre 1960.

Cette liste comprend plusieurs directives sur des questions nucléaires. Le premier cas auquel je me réfère ici traite des prescriptions générales applicables aux cuves nucléaires. Un autre cas qui nous intéresse est celui des cuves de réacteur contenues dans une première cuve. Dans un autre cas il s'agit des prescriptions spéciales «mercurio» en ce qui concerne les cuves nucléaires sous pression. Un autre, encore, a trait aux normes d'inspection applicables aux soudures des cuves nucléaires sous pression. Par conséquent, vous pouvez constater que le Comité de l'A.S.M.E. n'est pas sans avoir quelques lumières sur les cuves sous pression et les problèmes nucléaires. J'ai écouté M. Gray et ses collègues, ainsi que M. McRae, parler du facteur de

sécurité applicable aux tubes sous pression du NPD2. Aucun de ces messieurs n'a dit que l'on suivait une marche normale; aucun n'a suggéré d'obtenir des directives de l'A.S.M.E. de la façon ordinaire. Cela m'a paru assez bizarre, et j'ai alors examiné les documents d'approbation du NPD2 qui, à la demande de M. Drysdale ont été confiés au secrétaire de ce Comité.

Le document principal qui est daté du 10 février 1959, porte le cachet d'approbation. Sur ce cachet, il y a le mot «code» suivi d'un espace habituellement réservé à l'inscription du numéro du paragraphe applicable au code de l'A.S.M.E. ou, dans un cas spécial, au numéro des directives de l'A.S.M.E. Dans cet espace, l'expression «décision spéciale» s'applique aux tubes sous pression du NPD2. Un cachet apposé antérieurement à ce document porte les mots «dispense spéciale» mais ce cachet a été remplacé par le nouveau.

Que signifient «décision spéciale» ou «dispense spéciale»? Je l'ignorais. Alors, le 29 mai, accompagné de mon avocat, M<sup>e</sup> J. A. Langford, je me suis rendu au bureau de M. L. J. Hutchison, inspecteur en chef des chaudières pour l'Ontario, afin de discuter le sens de ces mots et la réduction du facteur de sécurité applicable aux tubes sous pression du NPD2 dans la proportion de quatre à trois. Cette visite m'a révélé que ni l'A.E.C.L., ni la C.G.E., ni M. Hutchison n'avaient demandé un règlement à l'A.S.M.E. M. Hutchison a dit cependant qu'il avait étudié la question avec quelques-uns des membres du comité de l'A.S.M.E., mais qu'effectivement ils n'avaient pas donné de décision.

En ce qui concerne les dispositions de l'article 46 de notre loi dont je vous ai donné lecture, de quelle autorité M. Hutchison a-t-il approuvé les tubes sous pression du NPD2 et réduit le facteur de sécurité de quatre à trois sans demander une décision au comité de l'A.S.M.E.?

M. Hutchison m'a dit qu'à cours de ses dix années de service, c'est la première fois, remarquez bien, la première fois en dix ans de service, qu'il usait du pouvoir spécial que confère la clause 3.3 du code de la *Canadian Standards Association* dont voici la teneur:

L'inspecteur en chef a le pouvoir de formuler des règles dans le cas où le présent code n'a pas prévu de formules ou lorsque dans des circonstances spéciales, il est opportun de modifier le code. De telles décisions spéciales, cependant, ne s'appliquent qu'à la province où elles sont données et ne deviennent interprovinciales qu'à la suite d'un accord de toutes les provinces.

En d'autres termes, M. Hutchison a passé outre aux conditions prescrites et n'a même pas demandé à la C.G.E. ou à l'A.E.C.L. de chercher une telle décision sur le code. Il a simplement, de sa propre initiative, approuvé ces tubes sous pression.

Maintenant, messieurs, il y a deux questions qui vraiment exigent une réponse. Premièrement, pourquoi la marche ordinaire n'a-t-elle pas été suivie en ce qui concerne la demande d'une décision adressée au comité des chaudières et cuves sous pression de l'A.S.M.E.? Deuxièmement, pourquoi la clause abrogatoire spéciale, la clause 3.3 du code de la C.S.A., a-t-elle été utilisée dans le cas présent à seule fin de formuler une décision spéciale sur les tubes sous pression du NPD2?

Ne l'oubliez pas, messieurs, il ne s'agit pas ici d'une chose ordinaire. Il est assez rare que l'on réduise un facteur de sécurité dans un cas spécial. Il est même presque inouï de le faire sans l'autorisation de l'A.S.M.E. qui est l'autorité compétente en Ontario. De fait, c'est la première fois que M. Hutchison a agi de la sorte. J'estime que vous devriez insister, pour savoir pourquoi. S'il y avait tant de bonnes raisons de réduire le facteur de sécurité, pourquoi l'A.E.C.L. ou la C.G.E. n'ont-elles pas suivi la marche ordinaire et

soumis leurs arguments au comité compétent des chaudières et cuves sous pression de l'A.S.M.E., au lieu de demander à un seul homme, c'est-à-dire à M. Hutchison, inspecteur des chaudières du ministère du Travail de l'Ontario, l'autorisation de déroger au code?

Je me demande si l'on aurait répondu que le comité de l'A.S.M.E. n'aurait peut-être pas consenti à rendre une décision au sujet d'un modèle du gouvernement canadien.

Le PRÉSIDENT: Monsieur Boyd, je ne pense pas que cette dernière observation doive même figurer au compte rendu.

M. BOYD: Disons au sujet d'un modèle canadien.

Le PRÉSIDENT: Je pense que vous laissez entendre quelque chose qui n'est pas le cas.

M. STEARNS: Vous n'en êtes pas très sûr.

M. DRYSDALE: Le fait est qu'il y a des preuves que l'on s'est éloigné de la ligne de conduite habituelle et que l'on n'a pas du tout demandé de précision à l'A.S.M.E.

Le PRÉSIDENT: J'estime que ce qu'il laisse entendre n'est pas du tout le cas.

M. BOYD: Je n'ai pas bien saisi.

Le PRÉSIDENT: Vous plairait-il de répéter la dernière phrase, afin que le Comité sache ce qui a été dit?

M. BOYD: Je répète ce que j'ai dit. Je me demande si l'on aurait répondu que le comité de l'A.S.M.E. n'aurait peut-être pas consenti à rendre une décision.

Le PRÉSIDENT: Je pense que cette supposition ne nous concerne pas du tout. Votre supposition ne nous concerne pas. Nous sommes intéressés à des faits et à des preuves d'un caractère tout à fait différent de celui de votre dernière phrase. Nous devons faire une appréciation, mais nous ne pouvons la faire sur une supposition.

M. BEST: Est-ce que nous ne pourrions pas, monsieur le président, en finir avec ces suppositions et continuer?

Le PRÉSIDENT: Oui, je pense.

M. BOYD: Alors, j'ai écrit au secrétaire du comité de l'A.S.M.E.

M. BEST: Très bien. Continuez.

M. BOYD: Je désirais recevoir des réponses. Puis-je vous lire la lettre que j'ai écrite? Elle est adressée à M. J. D. Wilding, secrétaire du comité des chaudières et des cuves sous pression, à l'*American Society of Mechanical Engineers*, 29 ouest, 39<sup>e</sup> rue, New York 18 (N.-Y.), É.-U.

Monsieur,

Tout d'abord, permettez-moi de vous dire que je suis président de l'*Arthur D. Little of Canada Limited* qui est une filiale de l'*Arthur D. Little Inc.*, de Cambridge (Massachusetts) à laquelle elle appartient entièrement, mais c'est à titre personnel que je vous écris.

Depuis quelques années déjà, je désapprouve la façon dont l'agence fédérale responsable au Canada aborde la production de l'énergie nucléaire, tant du point de vue technique que du point de vue de l'organisation. Nos divergences de vues ont éclaté au grand jour il y a environ un an et demi...

Le PRÉSIDENT: Je doute que cela nous intéresse.

M. BEST: Pourriez-vous nous lire la partie qui a trait à la question? Pourriez-vous énoncer les questions que vous avez posées?

M. BOYD: Voici textuellement les questions que j'ai posées:

- a) Est-ce qu'une demande a déjà été adressée au comité des chaudières et des cuves sous pression de l'A.S.M.E., en vue d'obtenir une interprétation ou une révision des règles du code applicables aux tubes sous pression des réacteurs nucléaires canadiens? (On s'est inspiré de l'article UA-601a) pour l'étude des tubes, sauf qu'à l'article 1<sup>er</sup>, on pouvait lire un tiers plutôt qu'un quart de l'allongement). Le cas échéant, quelle a été la réponse?
- b) Si la réponse à la première partie de la question a) est NON, le comité des chaudières et des cuves sous pression de l'A.S.M.E. est-il disposé à donner une interprétation et peut-être une révision des règles du code de façon qu'elles s'appliquent aux tubes sous pression des réacteurs nucléaires canadiens, à condition qu'une demande soit faite en bonne et due forme, conformément aux indications données à la page c) du code de 1959?
- c) Si la réponse à la question a) est NON, est-ce que le comité des chaudières et des appareils sous pression de l'A.S.M.E. se dégagerait officiellement de l'affaire, afin que l'on ne puisse pas prétendre qu'il ait autorisé ou approuvé de quelque façon que ce soit des prescriptions autres que celles du code pour la mise au point des tubes à pression destinés aux réacteurs NPD2 et CANDU canadiens?

J'ai eu hier au téléphone une conversation avec M. Wilding qui m'a dit que la réponse à la première question, celle où l'on demandait si une demande avait été faite, est «non». La réponse à la deuxième question, où l'on demandait si le comité des chaudières et des appareils sous pression de l'A.S.M.E. serait disposé à donner une interprétation, etc., est «oui». En raison de la réponse à la question b), celle à la question c) devient superflue. J'ai ici un télégramme qui confirme cette conversation téléphonique. Je puis vous en donner lecture si vous le désirez.

Le PRÉSIDENT: Cela n'est pas nécessaire, car il n'y a aucun litige à ce sujet, monsieur Boyd. Il y a quelques instants, M. Mackenzie nous a dit pourquoi il ne s'était pas adressé à cet organisme et je ne pense pas qu'il soit nécessaire de nous étendre davantage là-dessus.

M. BOYD: Je répondais à la question de M. Drysdale qui portait sur la bonne marche à suivre.

M. DRYSDALE: Je tenais à obtenir ce renseignement, parce que M. Mackenzie a passablement déprécié cet organisme américain qui est précisément constitué en vertu de l'*Ontario Boiler and Pressure Vessels Act*. A mon avis, il importe que le Comité voie comment l'on procède habituellement et apprenne pourquoi l'on n'a pas procédé de la même manière dans ce cas particulier. J'ignore quelle est la réponse et pourquoi on a fait exception pour une question aussi importante, alors que la marche à suivre normale en vertu de la loi ontarienne aurait été, en définitive, de tout confier à l'A.S.M.E. Cela est grave lorsque nous discutons les facteurs de sécurité, monsieur le président, et je crois que c'est extrêmement important.

M. BEST: M. Boyd va-t-il continuer? Avez-vous d'autres observations?

M. BOYD: Oui, sur ce point particulier...

M. BEST: Avez-vous d'autres observations générales? Il nous faut décider si nous allons entamer une discussion générale maintenant, car nous avons plus ou moins résolu de ne pas le faire.

M. BOYD: Il y a une autre chose qui n'est pas pertinente. Il y a quelque temps, M. Drysdale a demandé des renseignements précis au sujet d'une

usine d'enrichissement canadienne hypothétique. Depuis qu'il a posé cette question, j'ai fait quelques calculs et obtenu quelques chiffres qui pourraient, à mon avis, intéresser le Comité. Si vous désirez annexer cette documentation au compte rendu du Comité, je l'ai ici.

Le PRÉSIDENT: Je pense que c'est tout indiqué.

M. AIKEN: De quoi s'agit-il?

M. BOYD: C'est la réponse à une question de M. Drysdale.

M. AIKEN: Je m'oppose à ce qu'on annexe au compte rendu un document dont on n'a pas donné lecture.

M. BOYD: Il ne s'agit que de chiffres hypothétiques relatifs à une usine d'enrichissement canadienne.

Le PRÉSIDENT: Vous pourriez les donner à M. Drysdale en main propre.

M. DRYSDALE: Les questions ont déjà été consignées au compte rendu. C'est peut-être inusité, mais j'aimerais y voir la réponse.

Le PRÉSIDENT: Est-il convenu que j'annexerai la réponse à vos questions au compte rendu du jour? Nous avons en réalité étudié en comité l'idée d'une usine d'enrichissement au Canada. Je ne vois pas d'inconvénient, monsieur Drysdale, à ce que soient ajoutés en appendice les chiffres contenus dans les réponses de M. Boyd à vos questions. Y a-t-il opposition?

M. AIKEN: Non, je ne m'y oppose pas. J'avais cru comprendre qu'il s'agissait d'un exposé.

Le PRÉSIDENT: Je suppose qu'il s'agit d'une compilation de ses propres statistiques fondée sur certaines formules.

Assentiment.

(Voir appendice)

M. STEARNS: Est-ce là tout ce que possède M. Boyd sur la sécurité?

Le PRÉSIDENT: Je ne sais pas. Rien n'a été ajouté à l'exposé qui ne fût dans le compte rendu.

M. BOYD: Je n'ai qu'un mot à ajouter, monsieur le président, si vous le permettez. Il s'agit d'un bon nombre d'observations assez inexactes qui ont été faites au sujet de mon témoignage, notamment par M. Gray.

Le PRÉSIDENT: Monsieur Boyd, la séance d'aujourd'hui traite du facteur de sécurité. C'est la raison pour laquelle nous avons convoqué le président de la Commission, M. Mackenzie, et le conseiller juridique de la Commission. Je ne pense pas que nous serions justifiés de le faire. Cela pourrait se poursuivre indéfiniment, un membre faisant échec aux observations de l'autre.

M. AIKEN: J'estime que nous avons eu une très bonne séance, grâce à la présence parmi nous de M. Boyd et de M. Gray et qu'il serait injuste d'entendre de nouveau M. Boyd en guise de conclusion. Ce ne serait pas juste.

M. BOYD: Je ne vous demande pas de nouveau la parole, mais je prie simplement qu'on ne voie pas dans mon silence une approbation de certaines observations que l'on a faites au sujet de mon exposé.

Le PRÉSIDENT: Votre phraséologie est excellente.

M. BOYD: Je me ferai un plaisir de discuter n'importe quel point de mon exposé avec les membres du Comité, ici en ce moment, ou en tout autre temps.

Le PRÉSIDENT: Merci, monsieur Boyd.

Je ne pense pas que les membres désirent interroger M. Boyd sur son exposé. Le Comité, ayant déjà entendu M. Boyd, désire-t-il que nous fassions venir quel'un de Chalk River.

M. BEST: Ce n'est sans doute pas nécessaire. D'après vos commentaires, je pense comme vous que si M. Laurence désirait discuter la question lorsque l'occasion se présentera, demain ou plus tard, cela serait possible. Nous tenons, naturellement, à rédiger notre rapport dès maintenant; d'ailleurs, c'est, selon toute probabilité, la dernière séance publique au programme. Certainement, nous devrions le permettre si quelqu'un en exprimait le désir.

Le PRÉSIDENT: Cela ne fait pas de doute, étant donné que nous cherchons à nous renseigner sur le travail et la ligne de conduite de l'A.E.C.L. et que les déclarations de ses membres devraient être définitives, c'est-à-dire, les dernières déclarations qui figurent au compte rendu. J'ai voulu savoir si les membres du Comité jugent cela nécessaire.

M. BEST: Pour ma part, je ne le pense pas.

Le PRÉSIDENT: Nous chargerons le secrétaire d'entrer en relation avec l'*Atomic Energy of Canada Limited* afin de connaître leurs désirs. Je prendrai les dispositions nécessaires pour que le texte de la déclaration que M. Boyd a faite ce matin soit à la disposition des membres de l'*Atomic Energy*, afin qu'ils puissent l'examiner demain matin. Comme il nous reste quelques minutes, nous pourrions peut-être faire la lumière sur un ou deux points. Si nous nous mettions d'accord pour communiquer avec l'A.E.C.L. et mettre à sa disposition le texte des déclarations que M. Boyd a faites aujourd'hui et, s'ils désirent se présenter devant le Comité, nous prendrons les dispositions voulues. A mon avis, cela n'est pas nécessaire.

M. DRYSDALE: J'aimerais que nous envoyions une lettre à l'inspecteur des chaudières sous pression de l'Ontario afin de savoir pourquoi on a fait une exception dans ce cas particulier et pourquoi on n'a pas eu recours à une décision de l'A.S.M.E. J'estime que ce renseignement est très important pour le Comité.

M. AIKEN: Je ne vois pas comment cela puisse se faire par lettre.

M. DRYSDALE: Cela me semble facile.

Le PRÉSIDENT: Je pense qu'effectivement on va accorder votre demande, à la satisfaction des membres du Comité ici présents, et qu'il ne sera pas nécessaire que quelqu'un compare. Nous avons entendu les deux côtés de la question et je pense que les membres vont apprécier ce qui a été dit devant le Comité. J'espère que cela ne sera pas nécessaire, mais si vous insistez au sujet de la lettre...

M. DRYSDALE: Je n'insiste pas, monsieur le président, mais il n'en reste pas moins que le facteur de sécurité a été réduit de quatre à trois et il est indiqué dans la loi de l'Ontario que la ligne de conduite habituelle est de s'en rapporter à l'A.S.M.E.; ce qui n'a pas été fait dans le cas à l'étude. D'après M. Boyd, on a suivi une ligne de conduite fort inusitée lorsqu'on a fait un règlement particulier en vertu d'un article de la loi qui n'a jamais été observé auparavant. Je pense que nous devrions envoyer au Comité soit une lettre, soit des explications.

Le PRÉSIDENT: A propos de la sonnerie, je vais envoyer dire que nous serons là dans quelques minutes.

M. AIKEN: Il me reste autre chose à faire.

M. BOYD: J'ai ici un petit feuillet concernant mon témoignage antérieur, un erratum ayant trait à des points secondaires.

Le PRÉSIDENT: Je pense que nous pourrions l'annexer au compte rendu, afin de rectifier ces témoignages.

Quelques VOIX: Convenu.

(Voir l'appendice)

M. BEST: Devons-nous conclure que M. Mackenzie ne fera pas d'autres observations sur la question?

Le PRÉSIDENT: Je pense qu'il ne serait pas raisonnable de demander cela à M. Mackenzie. Avant de nous quitter, que dites-vous de l'idée de M. Drysdale?

M. AIKEN: Laissons tomber.

M. DRYSDALE: Je propose qu'on envoie au moins une lettre.

M. AIKEN: Je ne pense pas qu'une lettre règle le cas.

Le PRÉSIDENT: Je suis maintenant à la disposition du Comité.

M. DRYSDALE: Si vous désirez faire appeler l'inspecteur...

M. AIKEN: Convoquez l'inspecteur, tout simplement.

M. DRYSDALE: Je propose que vous convoquiez l'inspecteur.

Le PRÉSIDENT: Que désire le Comité? Je ne suis que le président.

M. AIKEN: Je m'oppose à cette convocation.

M. DRYSDALE: J'ai suggéré un moyen d'obtenir le renseignement que nous désirons. Le facteur de sécurité est important ou il ne l'est pas. S'il ne l'est pas, n'en parlons plus. Mais, à mon avis, il est important.

Le PRÉSIDENT: Malheureusement, nous venons de perdre notre quorum.

## APPENDICE «A»

## L'IMPORTANCE DE LA RÉCENTE EXPLOSION SCIENTIFIQUE

Communication faite au *Chemical Institute of Canada*,  
à Montréal, le 15 février 1961

par

M. C. J. MACKENZIE

## INTRODUCTION

Ma thèse repose sur le fait que le monde est aux premiers stades d'une révolution technologique qui modifie notre vie économique, sociale et politique plus rapidement et profondément que toute révolution antérieure.

Il est donc évident que, pour maintenir notre place parmi les importantes nations industrielles, nous devons, au Canada, comprendre l'immense portée de cette révolution et savoir comment nous y préparer.

Nous ne sommes plus à l'époque où les nations pouvaient attendre les événements. La technologie progressant à une allure accordée à l'âge supersonique, ce serait courir à notre perte que de nous borner à nous tirer d'affaire tant bien que mal pendant ces premiers stades, en temps de paix comme en temps de guerre.

Je me propose de vous exposer dans leurs grandes lignes les événements intervenus au Canada depuis 1939 et vous dire où nous en sommes aujourd'hui sur le plan scientifique, puis voir avec vous ce qui s'est passé dans d'autres pays pendant la même période et enfin, conjecturer un peu les conséquences de la révolution technologique et la façon de nous y préparer.

## TECHNOLOGIE

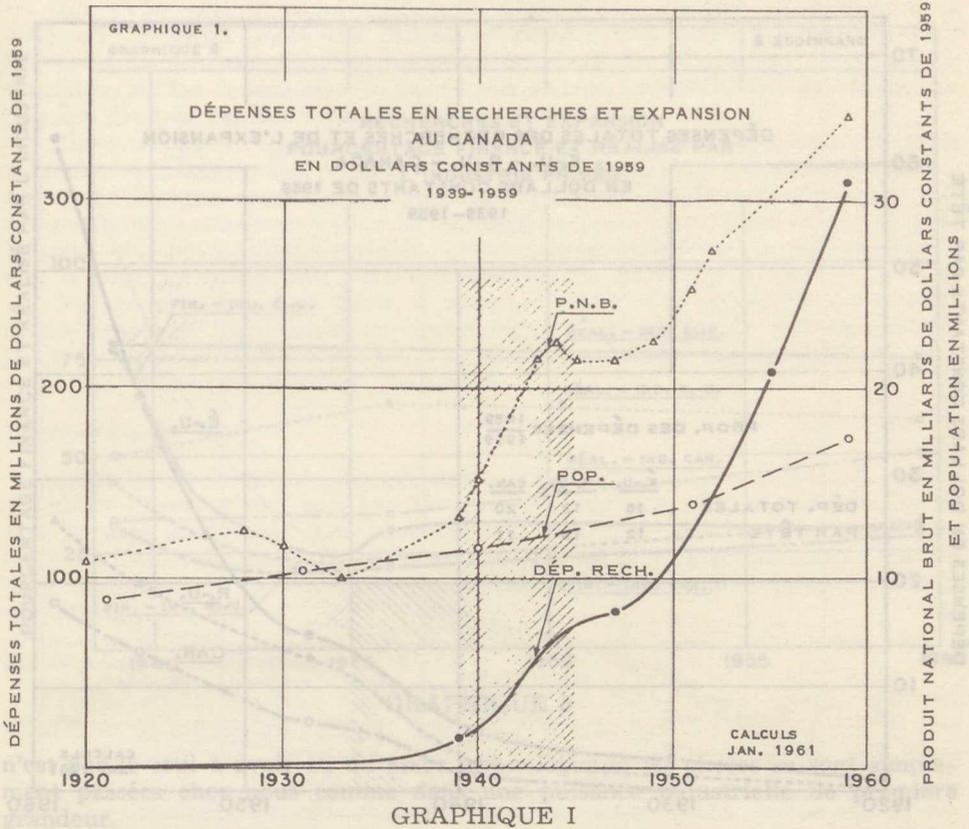
Ce soir, j'emploie le mot «technologie» dans son sens le plus large et le plus respectable. De nos jours, le mot «science», comme vous le savez tous, prend un sens très différent pour diverses personnes, selon qu'elles s'intéressent à la recherche pure, à la recherche appliquée fondamentale, à la mise au point, à l'étude de formes compliquées, à l'automatisation industrielle et même au pseudo-jargon quasi scientifique des réclames de la télévision.

Pour plus de commodité, je m'en tiendrai, ce soir, à deux catégories, «recherche pure» et «technologie». La recherche pure est, naturellement, la source de tous les progrès réalisés dans le vaste domaine de la science, mais lorsque la plupart des gens parlent du progrès de la science, ils parlent en réalité de technologie, car celle-ci est l'application de la science dans tous ses secteurs qui conditionnent notre vie quotidienne, ainsi que la prospérité et le bien-être de tous les citoyens.

Les sommes qu'un pays affecte à la recherche et au développement, servent d'indice assez précis de son effort et de sa maturité du point de vue technologique, car, bien que la recherche pure soit comprise dans ces crédits, le coût des programmes technologiques représente au delà de 90 p. 100 de la totalité.

## LA SITUATION AU CANADA

Le graphique n° 1 indique la totalité des dépenses consacrées à la recherche et à l'expansion (R et D) de 1939 à 1959 au Canada, exprimée en millions de dollars constants de 1959. Il indique en plus l'accroissement de la population exprimé en millions et le produit national brut (G.N.P. ou *Gross National Product*) exprimé en dollars constants.

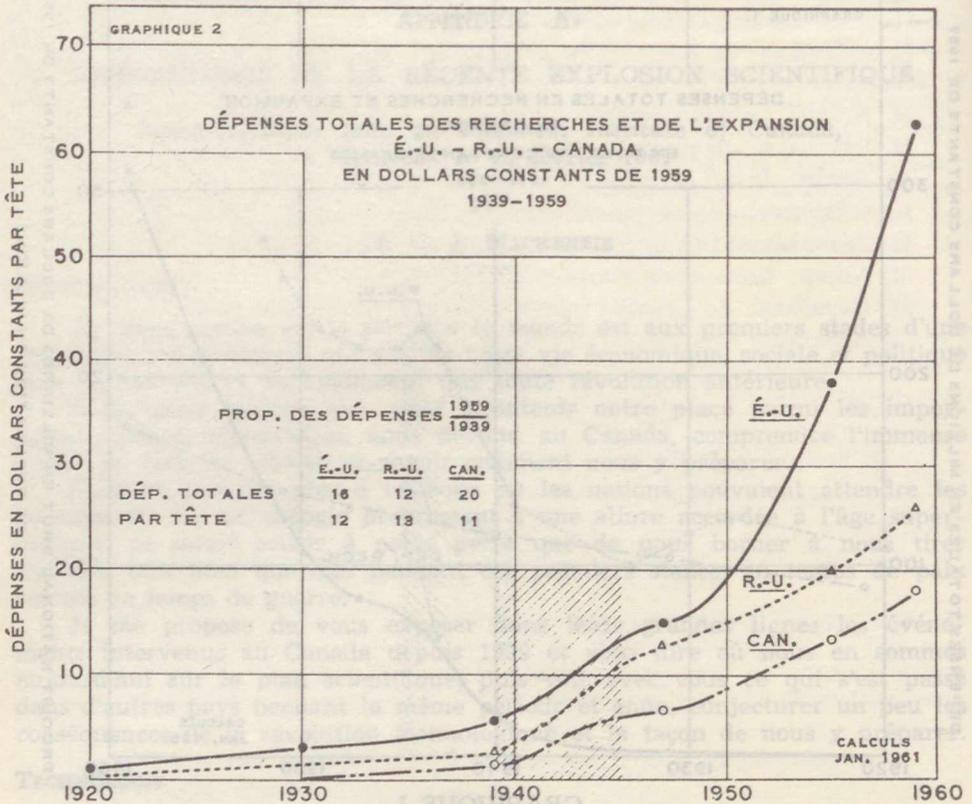


On verra qu'avant 1935, les dépenses pour la recherche et l'expansion étaient vraiment très faibles, mais que pendant la guerre, de 1939 à 1945, l'augmentation fut très rapide. Nous pensons, pour la plupart, qu'il y aurait un nivellement après 1945, mais l'allure de l'expansion, au contraire, s'est accrue avec plus de rapidité. En 1959, l'effort du Canada représenté par le nombre total de dollars était 20 fois plus grand qu'en 1939 et, par le nombre de personnes, 12 fois plus grand. Au cours de la même période, la population n'a augmenté que d'environ 60 p. 100 et le produit national brut en dollars constants de 1959 était près de deux fois et demie plus grand qu'en 1939.

L'effort accru dans le domaine technologique au Canada a certainement été révolutionnaire entre 1939 et 1959, si on le compare à d'autres indices de l'expansion.

Il y a d'autres indices d'accroissement de nos possibilités technologiques. En 1939, le personnel du Conseil national de recherches ne comptait au total que 300 employés et son budget était d'environ deux millions de dollars constants de 1959. Aujourd'hui, le personnel du Conseil national de recherches et de ses annexes (le Conseil de recherches pour la défense et l'A.E.C.L.) compte peut-être 8,000 membres et leurs budgets s'élèvent à près de 100 millions de dollars.

Un autre indice intéressant est le nombre accru de diplômés en sciences appliquées. En 1939, on n'en comptait guère plus de deux douzaines dans les universités canadiennes; en 1959-1960, on en comptait 637.



GRAPHIQUE 2

Également en 1939, quelques industries seulement poursuivaient des recherches; en 1957, 455 compagnies faisaient des recherches dans certains domaines.

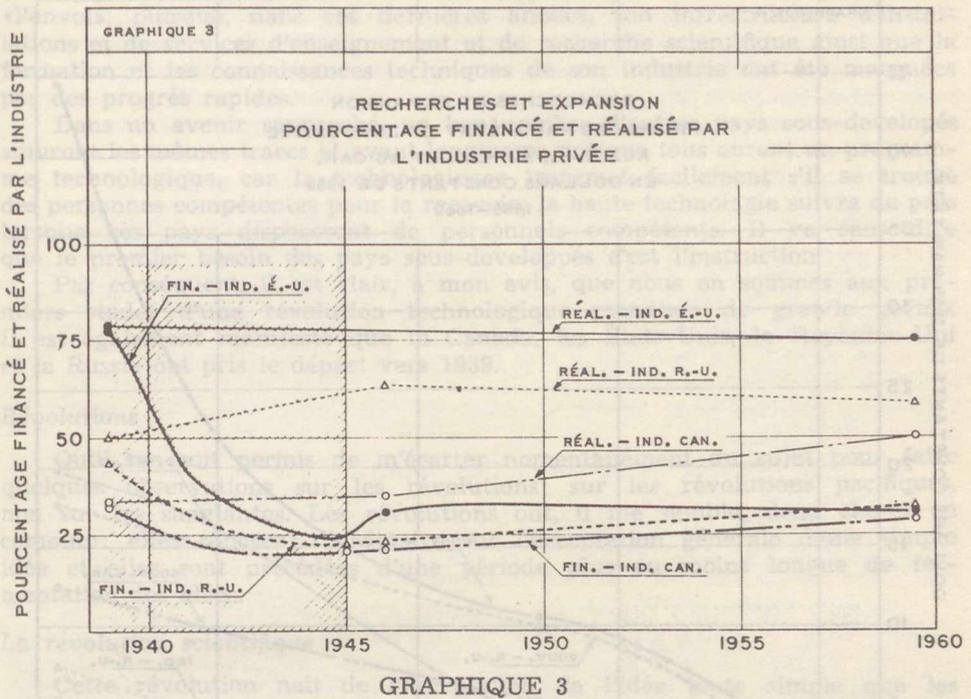
Il se fait donc aujourd'hui au Canada de ce côté un effort digne de mention. Nos universités et les instituts de recherches de l'État se comparent par la qualité de leurs travaux avec ceux des pays les plus évolués; pour la recherche non militaire, nos travaux, proportionnellement à notre population, soutiennent favorablement la comparaison. Il est intéressant de noter que, calculées en dollars constants, les dépenses totales de l'État pour l'année 1959 sont d'environ 50 p. 100 supérieures à l'ensemble des dépenses que les États-Unis ont effectuées dans ce domaine en 1939.

Les dépenses que l'industrie canadienne effectue à des fins que nous connaissons tous sont relativement inférieures à celles des États-Unis, mais l'on constate un véritable progrès depuis la fin de la deuxième guerre mondiale.

On pourrait prétendre que nous avons fait assez bonne figure au cours des 20 dernières années, mais comme je vais maintenant tenter de le prouver, notre plus grand écueil est la suffisance. Il faudra nous hâter, afin de ne pas nous laisser devancer dans ce mouvement mondial.

#### LA SITUATION SUR LE PLAN MONDIAL

Le graphique n° 2 indique ce qui s'est produit au cours de ces mêmes années aux États-Unis et au Royaume-Uni. Il est évident que le Canada



n'est pas le seul à avoir eu un essor technologique; les choses se sont simplement passées chez nous comme dans une puissance industrielle de première grandeur.

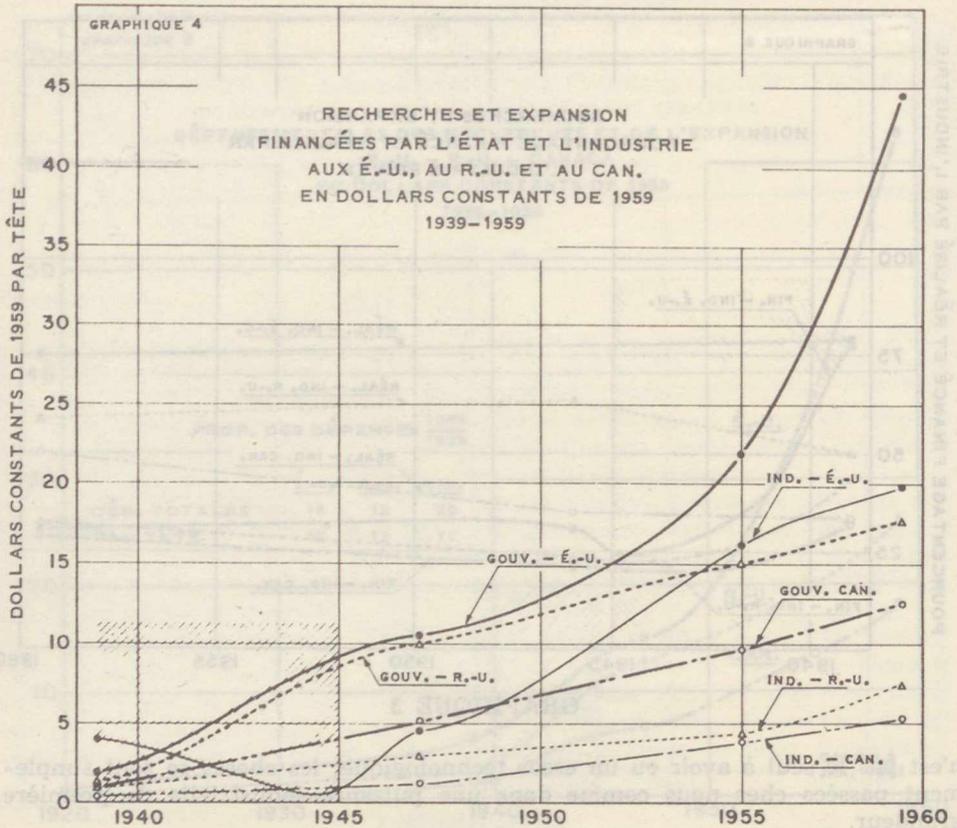
Les trois courbes sont de même nature, c'est-à-dire qu'elles sont exponentielles. Par tête d'habitants, la proportion des dépenses entre 1959 et 1939 est à peu près la même et, pour l'ensemble, ces dépenses ont le même ordre d'importance. Également, par rapport à l'effort de 1959, toutes les courbes commencent vraiment à monter rapidement vers 1939.

Le graphique n° 3 indique le pourcentage des sommes totales dépensées pour les travaux de recherche et de mise au point qui sont financés et réalisés par l'industrie, aux États-Unis, au Royaume-Uni et au Canada. En 1939, l'industrie américaine finançait environ 77 p. 100 des travaux de recherche et d'expansion poursuivis dans ses propres laboratoires, tandis qu'au Royaume-Uni et au Canada, les pourcentages correspondants étaient de 43 et de 32 p. 100.

En 1959, aux États-Unis, dernière forteresse de l'entreprise privée, l'industrie effectuait encore environ 75 p. 100 de tous les travaux de recherche et de mise au point, mais n'en finançait qu'environ 30 p. 100; grosso modo, le même pourcentage qu'au Canada et en Grande-Bretagne.

Quelles que soient les théories politiques et économiques, on peut en conclure que l'État doit prendre à sa charge une partie de plus en plus grande des dépenses dans des domaines comme ceux de la science aéronautique, de l'énergie atomique et de la recherche spatiale, domaines où l'activité est appelée à s'accroître proportionnellement au lieu de diminuer.

Le graphique n° 4 a pour but de démontrer que bien que l'entreprise privée dans les trois pays à l'étude finance un pourcentage de plus en plus faible des recherches et de l'expansion, elle dépense des sommes totales de plus en plus grandes, exprimées en dollars constants.



GRAPHIQUE 4

Nous ne pouvons nous procurer des statistiques semblables, en ce qui a trait à la Russie, mais nous possédons suffisamment de données en la matière pour conclure que, dans ce pays, l'essor de la technologie a suivi à peu près la même courbe qu'aux États-Unis.

En 1934, M. Tory, président du Conseil national de recherches, déclarait que l'U.R.S.S. dépensait alors de 300 à 500 millions de dollars par année pour la recherche, contre 300 millions environ aux États-Unis. En Russie, le chiffre par tête d'habitant a varié de \$1.8 à \$3, comparativement à \$2.4 aux États-Unis.

Dans son rapport au président des États-Unis sur la science et la politique de l'État, M. Steelman estime qu'en 1947 le budget de l'U.R.S.S. pour la recherche a été de \$1,200,000,000, en comparaison de \$1,400,000,000 aux États-Unis. L'amiral Rickover déclare que le nombre d'ingénieurs diplômés des universités de Russie entre 1950 et 1960 est de 1,200,000, tandis qu'aux États-Unis, il est de 900,000.

Si l'on examine, en plus, les nombreux rapports que des visiteurs occidentaux en Russie rédigent sur ses services et programmes d'enseignement, ses usines modernes, son avance dans le domaine de l'énergie atomique et de la recherche dans le domaine spatial, on ne saurait douter que l'avance technologique des 20 dernières années en Russie suit de près celle des États-Unis par son ampleur et son caractère.

La Chine est sûrement dans la période qui précède immédiatement «l'envol», puisque, dans ces dernières années, son infrastructure d'installations et de services d'enseignement et de recherche scientifique ainsi que la formation et les connaissances techniques de son industrie ont été marquées par des progrès rapides.

Dans un avenir rapproché, un bon nombre d'autres pays sous-développés suivront les mêmes traces et avant longtemps presque tous auront un programme technologique, car la technologie se transmet facilement s'il se trouve des personnes compétentes pour la recevoir; la haute technologie suivra de près lorsque ces pays disposeront de personnels compétents. Il va sans dire que le premier besoin des pays sous-développés c'est l'instruction.

Par conséquent, il est clair, à mon avis, que nous en sommes aux premiers stades d'une révolution technologique mondiale de grande portée. Il est également manifeste que le Canada, les États-Unis, le Royaume-Uni et la Russie ont pris le départ vers 1939.

### *Révolutions*

Qu'il me soit permis de m'écarter momentanément du sujet pour faire quelques observations sur les révolutions; sur les révolutions pacifiques, non sur les sanglantes. Les révolutions ont, il me semble, deux choses en commun: elles reposent d'ordinaire sur l'acceptation générale d'une simple idée et elles sont précédées d'une période plus ou moins longue de fermentation des idées.

#### *La révolution scientifique*

Cette révolution naît de l'acceptation de l'idée toute simple que les vérités de la nature ne peuvent être révélées que par des expériences et non par le raisonnement métaphysique. Cela nous paraît bizarre de nos jours que, pendant plus de 2,000 ans, des esprits intelligents aient pu croire que les corps lourds tombaient plus vite que les corps légers. Même après que Galilée eut, au dix-septième siècle, réfuté cette théorie par des expériences, il a fallu bien des années avant que, de façon universelle, on acceptât l'expérience comme moyen d'aborder la science et ses découvertes.

#### *Révolution industrielle*

Au dix-huitième siècle, l'acceptation d'une autre idée simple conduisit à une révolution industrielle, l'usine au lieu de l'entreprise familiale: une fonction pour chaque ouvrier, des machines pouvant remplacer le travail humain et accroître considérablement le rendement de chaque employé. Plusieurs applications de ce principe nouveau l'ont démontré, par exemple l'introduction de la machine à filer.

C'est évidemment l'invention de la machine à vapeur qui a d'abord permis d'utiliser la puissance mécanique dans les nombreuses applications ultérieures de ce principe nouveau.

Mais comme il arrive si souvent au début de telles révolutions mondiales, la portée de ces bouleversements échappa même aux penseurs de l'époque.

Il est intéressant de constater qu'au moment où Watt mettait au point sa machine à vapeur, Adam Smith qui écrivait *The Wealth of Nations* ne se rendit pas compte de l'importance économique de cette invention qu'il se contenta de qualifier de «sorte de machine à feu».

En un sens, la révolution industrielle peut être considérée comme une application de la science, mais en Angleterre pendant un siècle la science a été, dans l'esprit des gens, dissociée non seulement des disciplines libérales et sociales, mais aussi de l'industrie et de la technologie.

Tout comme la science qui a mis plus d'un siècle à s'affirmer comme force de première importance, la science appliquée, ou technologie, a été retardée pendant des années par l'indifférence. Bien sûr, la technologie se pratique depuis la fin du dix-neuvième siècle, mais selon les normes actuelles, ce ne fut qu'un petit effort dont la portée a été méconnue pendant de longues années.

### *Révolution technologique*

Ce que je veux démontrer, c'est que les historiens du prochain siècle feront observer qu'une révolution technologique mondiale s'est vraiment déclenchée vers 1940. Évidemment, elle avait pris racine dans la révolution scientifique et la révolution industrielle des siècles précédents. Ensemble, ces révolutions constituaient un capital qui s'était accru d'une génération à l'autre, capital qui devenait à une cadence de plus en plus rapide, un faisceau de connaissances sur la façon dont fonctionne le monde et sur les moyens à prendre pour lui faire accomplir plus efficacement sa mission au service de l'homme.

Le stade «envol» de la révolution technologique a aussi été amené, je suppose, par l'acceptation générale d'une idée, l'idée ou la conviction que la force véritable d'une nation industrielle moderne dépend avant tout de sa technologie et que pour atteindre le maximum d'efficacité, cette technologie doit avoir un caractère hautement scientifique et une portée immense.

Grâce à l'imposant capital de connaissances scientifiques dont nous disposons et qui continue de s'enrichir, la marche de l'évolution technologique qui peut résulter et qui résultera des recherches intensives est révolutionnaire. Elle est tout à fait différente de tout ce que l'on a connu au dix-neuvième siècle et au début du vingtième, si remarquable que cette révolution ait pu paraître à l'époque.

Bien qu'il ne fasse pas de doute que c'est la guerre et le désir de survivre qui ont amené l'acceptation de l'idée que la véritable force d'une nation industrielle moderne dépend avant tout de la technologie scientifique, je ne pense pas que nous devions commettre l'erreur de croire que la deuxième guerre mondiale a été la cause de l'explosion technologique dont nous avons été les témoins au cours de cette génération. La guerre en a été le détonateur, mais non la cause. La cause de cet éclatement, c'est l'accumulation constante des connaissances scientifiques et les progrès accomplis dans l'éducation du public, deux facteurs dont l'action se poursuivait depuis de nombreuses années.

Ce qui manquait avant la guerre, c'était l'encouragement à exploiter nos biens en vue d'un progrès technologique rapide. Somme toute, notre économie d'avant-guerre était dans le marasme. La guerre n'a pas créé cette faiblesse, mais comme toutes les catastrophes et toutes les épidémies, elle nous a révélé nos faiblesses sous un aspect saisissant et convaincant. Elle nous a démontré ce que nous aurions pu réaliser si nous avions fait l'effort nécessaire, au lieu de nous laisser dominer par des conditions économiques défavorables. Depuis la guerre, grâce au plein emploi et à l'accent que, dans les pays sous-développés, l'on met de plus en plus sur le progrès matériel, nous avons, non pas diminué, mais accru notre programme de recherches entrepris pendant la guerre, ce qui fait progresser notre technologie à une cadence révolutionnaire.

Notre danger immédiat c'est que dans l'abondance, la sécurité et la douceur de vivre, nous perdions un peu le souvenir de ce que nous avons vu si clairement pendant la guerre.

Il est inquiétant de constater combien nous avons, au cours des années de confort et d'abondance d'après guerre, oublié ou négligé d'observer certaines des leçons tirées de la guerre. Aujourd'hui, les choses ont un peu changé; les régressions économiques, comme les guerres, nous forcent à prendre de nouveau conscience des valeurs. Espérons que, de concert, nous saurons prendre nos responsabilités comme pendant la guerre au lieu de nous contenter de nous plaindre et de rejeter ces responsabilités sur d'autres.

Les premières bombes et les premiers spoutniks russes ont suscité beaucoup de commentaires qui trahissent une certaine inquiétude: la surprise de constater les progrès technologiques de la Russie, les appels frénétiques en faveur de la formation d'un plus grand nombre de savants et d'ingénieurs pour repousser la menace communiste. (Aujourd'hui, la régression économique a communiqué à ces mêmes personnes une sorte d'amnésie... et on nous dit même que nous cherchons à former trop de savants et d'ingénieurs.)

Ainsi que je l'ai déjà indiqué, n'importe qui pouvait observer les préparatifs de la Russie au cours du dernier quart de siècle. Ce n'est pas la constatation subite de ses réalisations technologiques qui aurait dû nous bouleverser, mais plutôt notre optimisme béat et notre indifférence à l'égard de ce qui se passait à l'extérieur.

Nous devrions nous demander comment tout cela a commencé. Il me semble que notre façon de penser à la compétence technique de la Russie d'aujourd'hui et à celle de la Chine de demain est fortement dénaturée par notre aversion pour l'idéologie communiste.

Il est intéressant de constater qu'après la Révolution française, l'Angleterre a réagi de la même façon et qu'elle associait le progrès scientifique français aux horreurs de la Révolution. Elle n'a pas compris ce qui se passait sur le continent dans le domaine de la science et perdit ainsi un temps précieux dans la course et selon l'expression populaire, faillit «manquer le coche». Aucune nation ne peut aujourd'hui se permettre souvent de tels risques.

Ce qui nous menace aujourd'hui, ce n'est pas le communisme; c'est le fait que nous puissions ne pas voir comment les Russes en sont arrivés à leurs réalisations technologiques.

Je crois fermement que le progrès en Russie est fonction d'une acceptation plus ancienne et plus réaliste de l'idée que la puissance matérielle d'un pays repose primordialement sur un ordre très élevé de technologie scientifique, non pas simplement sur la technologie proprement dite. Comme je l'ai dit, nous avons un peu parlé de cette idée dans les moments de danger, mais sans conviction, et l'idée n'a jamais fait son chemin au point de devenir une influence profonde sur la ligne de conduite de l'État, en matière d'enseignement et sur la reconnaissance des valeurs. Voilà ce qu'a fait la Russie depuis la conception de cette idée; c'est cela qui devrait nous préoccuper et non l'expansion alarmante de l'industrie et du nombre d'ingénieurs qui n'en sont que les résultats définitifs.

Les Canadiens devraient tenir compte du fait qu'en 1918, nous avions cinq fois plus de centres d'enseignement supérieur par million d'habitants qu'en avait la Russie, mais qu'en 1953, celle-ci avait nonuplé ses centres et en avait deux fois plus que nous par million d'habitants, que depuis plus de 40 ans elle avait rapidement édifié un corps scientifique et technique puissant et qu'en 1939, lorsque l'on découvrit la fission nucléaire, ses savants étaient aussi compétents et aussi nombreux que dans n'importe quel pays occidental.

Ses réalisations technologiques spectaculaires ne se sont pas produites du jour au lendemain, mais ont été précédées par des années d'enseignement et de formation rationnels et une appréciation juste des talents et aptitudes de ses citoyens et de la place que doivent occuper la science et la technologie dans la structure du pays.

## L'AVENIR

Jusqu'à présent, j'ai parlé du passé et, en général, de faits. Je désire maintenant pénétrer dans le royaume de la spéculation et interroger l'avenir sur le sens de toutes ces questions.

La conclusion générale la plus importante, naturellement, c'est que l'avenir nous réserve un monde fondamentalement différent, un monde où tous les pays deviennent rapidement plus industrialisés.

Cela veut dire que le caractère du commerce mondial se modifiera et que l'échange des matières premières des pays sous-développés contre les produits fabriqués dans les quelques pays industrialisés appartiendra au passé.

Un nombre de plus en plus grand de pays seront outillés pour produire une bonne partie des produits industriels secondaires qu'ils achètent maintenant à l'étranger. Cela ne signifie pas, à mon avis, que le volume du commerce international va diminuer; l'histoire indique plutôt le contraire. Mais cela signifie que des pays comme le Canada, qui doivent exporter leurs produits pour maintenir un niveau de vie élevé, doivent faire appel à tous les talents et à toute l'énergie dont ils disposent pour maintenir leur technologie sur une base hautement scientifique et concurrentielle.

La nécessité d'une position commerciale concurrentielle dans notre économie n'est pas une idée nouvelle.

Le président du conseil exécutif de la *Canadian Chamber of Commerce*, M. Leonard Hynes, a déclaré dans un récent discours que «l'ère de prospérité d'après-guerre, où un monde ravagé et affamé achetait des marchandises canadiennes sans trop lésiner, est révolue... et nos concurrents étrangers sont un peu plus malins que nous; ils progressent rapidement avec de nouvelles idées, de nouvelles méthodes et, parfois, des marchandises meilleures et souvent moins chères que les nôtres».

Comme cette tendance à la concurrence s'accroîtra, je suppose, en même temps que leur technologie scientifique, il nous faudra non seulement intensifier la vente, mais présenter de nouveaux produits et un matériel plus perfectionné, résultats de travaux de recherches et de mises au point plus poussés.

Un autre canadien bien informé, M. W. E. McLaughlin, président de la Banque de Montréal, a repris la même idée en d'autres termes, il y a quelques jours, lorsqu'il a déclaré que «nous devons, au Canada, faire face à ce qui est peut-être la plus importante de toutes les conditions qui concourent à une survivance économique à longue échéance: que non seulement nos exportateurs traditionnels, mais aussi nos soi-disant fabricants du pays aillent vendre leurs produits sur le marché mondial aux prix du marché mondial».

En d'autres termes, le Canada devra, pour survivre dans l'industrie de demain, pouvoir faire face à la concurrence.

Comment s'y prendra-t-il? Voilà le point épineux.

On parle beaucoup de nos jours de coût élevé de la main-d'œuvre et des niveaux injustes des impôts. Je n'écarte pas ces facteurs comme des facteurs sans importance à l'heure actuelle, mais à la longue, la prospérité mondiale aura tendance à niveler ces désavantages, mais malheur à celui qui, n'ayant pas compris ce que signifie la révolution technologique universelle, n'aura pas pris les mesures nécessaires pour soutenir la concurrence.

Au risque de faire une simplification excessive, je dirai que le besoin immédiat et impérieux est celui d'une formation et d'un enseignement meilleurs et plus poussés à tous les niveaux.

D'où il suit que nous devons établir des réserves humaines pour les besoins futurs et non seulement pour les besoins actuels, car il est hors

de doute qu'on fera de plus en plus appel aux services des ingénieurs et des savants orientés vers la recherche et le progrès et aux services des ingénieurs d'études et des opérateurs plus savants pour les installations compliquées de demain.

Cela ne veut pas dire qu'on aura moins besoin d'ingénieurs possédant une formation courante pour les travaux importants de construction, d'étude, de mise en service, et de vente et d'achat,—cela signifie plutôt qu'un autre groupe assez important doit s'ajouter à nos ressources humaines, et aussi qu'on demandera le plus en plus, de techniciens compétents mais non professionnels.

Pour les sociétés plus riches où il n'y a pas surabondance de main-d'œuvre bon marché, il nous faut envisager une économie qui permettra dans le secteur industrielle de l'avenir d'éliminer pour ainsi dire le simple main-d'œuvre.

Bien entendu, tous les pays n'atteindront pas d'emblée un stade aussi avancé d'évolution. Les pays qui ont aujourd'hui de forts excédents de travailleurs n'ont pas vraiment besoin de machines pour remplacer la main-d'œuvre, mais déjà on a besoin de machines et d'une saine technologie capables de fournir des marchandises d'une catégorie et d'une qualité que la main-d'œuvre seule ne peut produire.

Il existe, bien sûr, d'autres preuves qu'on reconnaît désormais la nécessité d'un plus grand nombre d'institutions d'enseignement et de formation; aujourd'hui, aux États-Unis et au Canada, le nombre de savants et d'ingénieurs inscrits dans les grandes écoles est de 6 à 10 fois plus élevé qu'il y a 20 ans et, comme je l'ai démontré, les dépenses affectés à la recherche et au perfectionnement ont augmenté à une cadence encore plus marquée. On estime que vers 1970 les États-Unis dépenseront 3.5 p. 100 de leur P.N.B. (production nationale brute) pour la recherche de perfectionnement contre le taux actuel de 2 à 2½ p. 100 et contre notre taux actuel de moins de 1 p. 100.

Au Canada, la formule qui consiste à instruire des chômeurs et à retenir les travailleurs itinérants a déjà été acceptée comme palliatif au chômage, mais la situation exige davantage et les mesures à prendre doivent avoir un caractère permanent.

### *La technologie nouvelle*

Il y a cinquante ans, des applications assez élémentaires de découvertes relevant des domaines de l'électricité, de la chimie et de la métallurgie ont donné un essor à la technologie et à la production industrielle. La substitution massive de la puissance mécanique au travail de l'homme a donné naissance à une ère de progrès.

La substitution de l'énergie artificielle au travail mental a hâté la révolution technologique, ce qui a permis, comme nous le savons si bien, de réaliser, du point de vue du temps et de la quantité, des calculs, des relevés et des contrôles qui n'auraient pas été possibles il y a quelques dizaines d'années.

La mise en service de l'électron pour le bien de l'homme illustre très bien le fondement hautement scientifique de notre technologie actuelle qui permet, grâce à l'application du fruit des recherches effectuées dans le domaine des basses températures, de l'état solide, de la physique nucléaire et de la physique spatiale, de trouver d'autres applications de grande envergure dans les domaines de la science, du génie, de la médecine et de l'industrie, domaines qui nécessiteront des hommes de science très compétents.

Je ne pense pas qu'il soit hors de propos de faire observer qu'aux États-Unis, la régression économique de 1960 n'a pas touché l'industrie de l'électronique dans son ensemble; les ventes ont augmenté de 6 p. 100 pour atteindre un total de \$9,750,000,000, ce qui place cette industrie au cinquième rang.

L'électronique, nous le savons, a pénétré dans tous les domaines de la vie économique, non seulement les domaines des projectiles et de l'exploration de l'espace, mais également dans ceux des banques, de l'assurance, des appareils ménagers, des divertissements et de presque toutes les sphères de l'activité industrielle.

Jusqu'ici, je n'ai parlé que de l'effet de la révolution technologique sur le secteur scientifique de notre vie nationale, mais il convient aussi de tenir compte des secteurs non scientifiques. Personne n'aurait idée de prétendre que seuls les savants devraient ou même pourraient gouverner le pays avec sagesse, ni d'autre part, que le rôle des ingénieurs et des savants devrait se limiter à celui de conseiller technique, comme cela a souvent été le cas dans le passé.

Dans la nouvelle ère, il ne suffira pas d'avoir plus de savants. Il nous faut aussi plus d'employés possédant de vastes connaissances dans les domaines de l'économique, des humanités, des sciences sociales et dans toutes les professions libérales.

Pour l'ensemble de la planification de demain et pour l'orientation du progrès, c'est une synthèse de toutes les spécialités que les dirigeants devront avoir à leur disposition et devront utiliser, car, plus le monde deviendra un monde scientifique, plus les hommes, un peu partout, dépendront les uns des autres et devront travailler en collaboration plus étroite dans leurs associations nationales et internationales.

En terminant, qu'il me soit permis de faire observer que la science, en mettant entre les mains des peuples l'instrument de la catastrophe universelle, établit en même temps une base solide sur laquelle pourra s'édifier une paix mondiale véritable et permanente.

Il ne fait pas de doute qu'au fur et à mesure que les pays se développent sur le plan scientifique, ils deviennent de plus en plus semblables ou, du moins, ils cherchent à avoir plus de choses en commun.

Cette tendance se manifeste déjà. Pendant des siècles, la vie des diverses générations de chaque pays ne variait guère, bien qu'entre les pays il y eût des différences radicales.

Même il y a 25 ans, il existait des différences marquées entre l'Angleterre et les États-Unis et, entre la Russie et la Chine, les contrastes étaient encore plus grand. Aujourd'hui, on est plus frappé par la similitude des pays que par les différences qui existent entre eux... et l'on constate cette tendance de plus en plus dans le monde entier. Étant donné que la science et la technologie n'ont pas de frontières nationales, il se fera un nivellement constant du potentiel technique de tous les pays. Cela donnera lieu à un plus grand nombre de problèmes communs, ou du moins, nos problèmes communs nous paraîtront plus importants que nos problèmes particuliers. Il s'agit là d'une force qui aura inévitablement une influence profonde sur les structures sociales et sur les traditions nationales. Ces tendances de grande portée sont à coup sûr des forces qui tendent à la démocratisation et à l'égalisation.

Un argument semblable peut être présenté en ce qui concerne cette autre force divisante qui marque notre époque, le nationalisme croissant. Cela va de soi qu'en raison de l'industrialisation accrue, de l'enseignement amélioré, etc., les peuples sont plus déterminés à prendre en main leurs affaires nationales. Mais ce sentiment nationaliste ne devrait pas nous faire fermer les yeux sur le fait que les affaires que chaque pays aspire à prendre

en main présentent des caractères communs. Aujourd'hui, en tant que force divisante, le nationalisme est une question qui suscite plus de passion, mais pour des causes de moins en moins nombreuses. Il n'y a aucun danger à cela, à condition de se rendre compte de ce qui se passe. Si nous comprenons le sens de l'évolution technologique rapide qui se produit dans le monde, il y a plus de possibilités que nous nous servions du nationalisme à des fins constructives qu'à des fins destructives.

Il est vrai qu'il existe aujourd'hui beaucoup de pessimisme dans le monde... plusieurs estimant qu'il y a très peu d'espoir d'avoir la paix mondiale, craignent même la destruction totale. On dit que le progrès technologique et la science ont détruit l'âme et poussé l'homme à la brutalité envers ses semblables.

Personnellement, je ne crois pas que le mal soit dans nos cœurs. Je pense qu'au fond, les intentions de l'homme sont aussi bonnes, peut-être meilleures qu'auparavant. Ce qui ne va pas, à mon avis, c'est que souvent nous sommes dépassés par les événements et ne savons ce que nous faisons.

Nos problèmes sont plus des problèmes d'intelligence que de sentiment, et il est plus facile de faire appel à l'intelligence que de modifier des sentiments.

C'est ici que la révolution technologique mondiale est susceptible de nous rendre plus semblables les uns aux autres. Et si nous avons plus de traits communs, si nous progressons sur le plan matériel, si l'instruction publique s'améliore partout, alors je pense que nous sommes plus en mesure de nous rendre compte des différences qui subsistent.

Je ne prétends pas que ce sera facile. La guerre froide des années cinquante a eu des conséquences tragiques. Comme tous les défenseurs, je crains que nous n'ayons tendance à être excessivement doctrinaires en ce qui concerne nos habitudes sociales et nos organismes.

Je suis persuadé que ce qui importe le plus pour nous aujourd'hui c'est d'accepter la révolution technologique et ce qu'elle représente.

Si nous nous rendons compte combien notre société évolue, nous pourrions apprécier plus rapidement comment la façon dont on organise avec bonheur les sociétés et leur économie varie d'une époque à une autre et d'un endroit à un autre.

Nous agirons plus vite, sachant qu'il est manifeste que si les pays doivent vivre plus rapprochés, (puisqu'il ne saurait en être autrement), nous devons nous préoccuper moins de notre manière à nous de faire les choses à l'heure actuelle et davantage du problème d'adaptation qui se pose à tous les pays du monde. Nous avons un peu moins besoin de doctrines que de compréhension.

J'estime qu'un bon nombre de nos problèmes contemporains nous sembleront très différents et seront plus faciles, à bien des égards, si nous les envisageons en fonction des aspirations humaines dans un monde où la science s'est vraiment installée.

## APPENDICE «B»

## MÉMOIRE À L'INTENTION DU COMITÉ SPÉCIAL DES RECHERCHES

*Essais des tubes de zircaloy sous pression  
pour la pile NPD-2*

Les essais qu'a effectués la Canadian General Electric Company Limited sur les tubes de zircaloy sous pression pour la pile NPD-2 sont décrits dans les documents ci-annexés, savoir,

Prescriptions: zircaloy pouvant convenir à la pile—2 lingots

Prescriptions: grainage de zircaloy 2 pour les tubes des refroidisseurs

Prescriptions: essais de recette des tubes de refroidissement du NPD-2

Procédé de décapage du zircaloy

Procédé de l'épreuve de résistance à la corrosion du zircaloy

En outre, on poursuit depuis plusieurs années, à Chalk River, des travaux très poussés de recherche et de mise au point visant à éprouver les réactions du zircaloy et des tubes sous pression fabriqués de cette matière dans une pile nucléaire, fonctionnant dans les mêmes conditions de pression, de température et d'exposition aux rayonnements que l'on obtiendra dans le NPD-2, afin de déterminer les effets de l'exposition aux rayonnements, à la corrosion, à l'absorption d'hydrogène et les effets d'autres conditions sur la résistance et autres propriétés de la matière.

CANADIAN GENERAL ELECTRIC

PRESCRIPTIONS

Zircaloy pouvant convenir à la pile—2 lingots

| SECTION                           | PAGE |
|-----------------------------------|------|
| 1. Application.....               | 52   |
| 2. Traitement.....                | 52   |
| 3. Conditionnement.....           | 52   |
| 4. Composition chimique.....      | 52   |
| 4.1 Composition.....              | 52   |
| 4.2 Impuretés.....                | 52   |
| 5. Propriétés physiques.....      | 53   |
| 6. Résistance à la corrosion..... | 53   |
| 7. Inspection.....                | 53   |
| 8. Marques et emballage.....      | 53   |
| 9. Certification.....             | 53   |

Acheminement: AL-3, M.U.-1, M.E.-1

Les proportions moyennes des impuretés ne doivent pas dépasser les suivantes:

|           |         |
|-----------|---------|
| Aluminium | 0,5 ppm |
| Bore      | 0,5 ppm |
| Cadmium   | 0,5 ppm |
| Carbone   | 200 ppm |
| Chlore    | 15 ppm  |
| Cobalt    | 20 ppm  |
| Cuivre    | 50 ppm  |
| Hafnium   | 200 ppm |
| Fluorure  | 150 ppm |
| Magnésium | 20 ppm  |
| Nickel    | 50 ppm  |
| Plomb     | 50 ppm  |
| Silicium  | 50 ppm  |
| Soufre    | 50 ppm  |
| Tungstène | 50 ppm  |
| Vanadium  | 50 ppm  |
| Zirconium | 50 ppm  |

Les échantillons prélevés au sein de chaque lingot seront analysés. L'ensemble du contenu en tel ou tel élément déterminé après la mouture de toutes les analyses effectuées à l'égard d'un seul lingot s'établit entre 0,18 et 0,38 p. 100. La moyenne de toutes les analyses ne doit pas excéder 0,007 p. 100.

### 1. Application

La présente description intéresse les lingots en alliage de zirconium, substance désignée sous le nom de zircaloy-2, et qui sont employés dans la production des parties constituantes du cœur du NPD-2.

### 2. Traitement

De l'éponge de zirconium répondant à la prescription technique BQ50X2A de la C.G.E., plus les quantités nécessaires d'éléments d'alliage purs seront fondues deux fois à vide dans un four à arc à électrode consumable. D'autres éléments d'alliage seront ajoutés à la première fonte sous forme d'éléments purs, d'alliage principal spécialement préparé ou les deux. Des lingots de la première fusion seront coulés d'électrodes composés de briquettes compactes contenant du zirconium spongieux. Les lingots de la première fusion à l'arc serviront d'électrode consumable pour la deuxième fusion.

### 3. Conditionnement

Tous les lingots seront soumis à un traitement qui les débarrassera des défauts superficiels, des étendues de ségrégation excessive et de la porosité. Le conditionnement pourra se faire par l'usinage ou la fusion à l'arc électrique dans une atmosphère inerte ou par la combinaison des deux.

### 4. Composition chimique

#### 4.1 Composition

La composition chimique de l'alliage doit répondre aux prescriptions suivantes:

|                      |           |        |
|----------------------|-----------|--------|
| Étain .....          | 1.20-1.70 | p. 100 |
| Fer .....            | 0.07-0.20 | p. 100 |
| Chrome .....         | 0.05-0.15 | p. 100 |
| Nickel .....         | 0.03-0.08 | p. 100 |
| Azote, max. ....     | 0.009     | p. 100 |
| Azote, max. av. .... | 0.007     | p. 100 |
| Hydrogène .....      | 25        | ppm    |
| Impuretés .....      | Voir 4.2  |        |
| Zirconium .....      | Le reste  |        |

Des échantillons prélevés du haut et du bas de chaque lingot seront analysés. L'ensemble du contenu en fer, en chrome et en nickel déterminé d'après la moyenne de toutes les analyses effectuées à l'égard d'un seul lingot s'établira entre 0.18 et 0.38 p. 100. La moyenne de l'azote d'après toutes les analyses ne devra pas excéder 0.007 p. 100.

#### 4.2 Impuretés

Les proportions moyennes des impuretés ne devront pas dépasser les suivantes:

|                 |     |     |
|-----------------|-----|-----|
| Aluminium ..... | 75  | ppm |
| Bore .....      | 0.5 | ppm |
| Cadmium .....   | 0.5 | ppm |
| Carbone .....   | 500 | ppm |
| Chlore .....    | 15  | ppm |
| Cobalt .....    | 20  | ppm |
| Cuivre .....    | 50  | ppm |
| Hafnium .....   | 200 | ppm |
| Plomb .....     | 130 | ppm |
| Magnésium ..... | 20  | ppm |
| Manganèse ..... | 50  | ppm |
| Molybdène ..... | 50  | ppm |

|                 |     |     |
|-----------------|-----|-----|
| Silicium .....  | 100 | ppm |
| Titanium .....  | 50  | ppm |
| Tungstène ..... | 100 | ppm |
| Vanadium .....  | 50  | ppm |

Exception faite des impuretés qui pourraient s'ajouter au cours de la conversion de l'éponge en lingot, il ne sera pas nécessaire normalement de répéter les analyses en vue de la découverte d'impuretés qui d'après les analyses de l'éponge, se conforment au tableau qui précède.

### 5. Propriétés physiques

La dureté moyenne des lingots ne devra pas dépasser la moyenne:

187 B.H.N. (3000 kg)

150 B.H.N. ( 500 kg)

95 R<sub>b</sub>

La dureté sera déterminée d'après la norme applicable de l'A.S.T.M.

### 6. Résistance à la corrosion

6.1 Des échantillons représentant le haut et le bas de chaque lingot seront éprouvés pour leur résistance à la corrosion par l'eau ou la vapeur. Les spécimens à éprouver pour la résistance à la corrosion seront usinés jusqu'à ce qu'ils aient un fini de 63 r.m.s. ou un fini plus fin, et seront nettoyés, décapés, rincés et séchés conformément à la prescription PQ50X3 de la C.G.E. avant l'essai.

6.2 Les spécimens seront soumis à la vapeur à 750°F. et à une pression de 1500 liv/po.<sup>2</sup> ou, à l'eau à 680°F. et à une pression de saturation pendant 14 jours. Les essais seront effectués et classés d'après les prescriptions EQ50X1 de la C.G.E. Les spécimens ainsi éprouvés ne devront pas accuser une augmentation de poids supérieure à 40 milligrammes par décimètre carré pour l'épreuve à la vapeur, ou de 20 milligrammes par décimètre carré pour l'épreuve à l'eau, et (ou) présenter des étendues de produit de corrosion brun et (ou) blanc.

6.3 Les lingots qui ne satisfont pas aux prescriptions relatives à la corrosion seront analysés par des procédés chimiques et spectro-graphiques qui en décèleront les impuretés. Le résultat de ces épreuves sera les critères définitifs de l'acceptation ou du rejet.

6.4 Au cas où le fournisseur de lingots ne disposerait pas d'installations pour les essais en autoclave, les épreuves de résistance à la corrosion pourraient se faire après entente avec une agence.

### 7. Inspection

Le vendeur accordera à l'inspecteur de l'acheteur la permission d'entrer, à toute heure raisonnable, dans les sections de l'usine affectées à la production des lingots.

### 8. Marquage et emballage

8.1 Le dessus de chaque lingot portera une marque de caractère permanent indiquant le numéro thermique.

8.2 Les lingots seront emballés de façon à être protégés en cours de déplacement contre les dégâts et la contamination par l'humidité, la saleté, etc. Le numéro de la commande, les dimensions, le poids de la matière et le nom du vendeur seront inscrits sur chaque paquet.

### 9. Certification

Le vendeur devra certifier que les lingots fournis satisfont en tous points à la présente prescription. Sur demande, le vendeur transmettra à l'acheteur un rapport détaillé des procédés de transformation, de la production, de la fabrication, de l'inspection et des données analytiques relatifs à chaque lingot.

## CANADIAN GENERAL ELECTRIC

## PRESCRIPTIONS

## Gainage de zircaloy—2 pour les tubes des refroidisseurs

| SECTION  | PAGE |
|--|------|
| 1. Application.....                                  | 55   |
| 2. Matière.....                                      | 55   |
| 3. Procédés de transformation.....                   | 55   |
| 3.1 Identification.....                              | 55   |
| 3.2 Billettes pour l'extrudage.....                  | 55   |
| 3.3 Chemisage.....                                   | 55   |
| 3.4 Chauffage préalable à l'extrudage.....           | 55   |
| 3.5 Recuit.....                                      | 55   |
| 3.6 Décapage.....                                    | 55   |
| 3.7 Contamination.....                               | 55   |
| 4. Travail à froid.....                              | 56   |
| 5. Dimensions, tolérances et fini de la surface..... | 56   |
| 6. Analyse des prélèvements.....                     | 56   |
| 7. Essai hydrostatique.....                          | 56   |
| 8. Défectuosités superficielles.....                 | 56   |
| 9. Essai non destructif.....                         | 56   |
| 10. Résistance à la corrosion.....                   | 57   |
| 11. Prélèvements.....                                | 57   |
| 11.1 Tube.....                                       | 57   |
| 11.2 Barre.....                                      | 57   |
| 12. Identification.....                              | 57   |
| 13. Emballage.....                                   | 57   |
| 14. Inspection.....                                  | 57   |
| 15. Rapports sur les essais.....                     | 57   |

Acheminement: AL-3, M.U.-1, M.E.-1.

8.1 Le dessin de chaque lingot portera un numéro d'identification qui indiquera le numéro thermique.  
8.2 Les lingots seront emballés de façon à être protégés en cours de déplacement contre les dégâts et la contamination par l'humidité, la saleté, etc. Le numéro de la commande, les dimensions, le poids de la matière et le nom du vendeur seront inscrits sur chaque paquet.

8.3 Le vendeur devra certifier que les lingots fournis satisfont en tous points à la présente prescription. Sur demande, le vendeur transmettra à l'acheteur un rapport détaillé des procédés de transformation, de la production de la fabrication, de l'inspection et des données analytiques relatives à chaque lingot.

Gainage de zircaloy—2 pour les tubes des refroidisseurs.

### 1. Application

La présente prescription intéresse la fabrication de gainage sans soudures en zircaloy—2 pouvant servir de tubes de refroidissement primaires dans une pile refroidie à l'eau.

### 2. Matière

Les lingots répondant à la prescription BQ50X2B de la C.G.E. que fournit l'acheteur serviront à la production de billettes desquelles seront extraites des enveloppes qui seront par la suite transformées en tubes. La C.G.E. fournira au fabricant de tubes une analyse chimique certifiée des lingots.

### 3. Procédés de transformation

#### 3.1 Identification

L'identité de toutes les matières en ce qui concerne le numéro de fusion des lingots sera maintenue à toutes les étapes de fabrication.

#### 3.2 Billettes pour l'extrudage

Les billettes desquelles on pratiquera l'extrudage seront préparées par un forgeage à chaud des lingots fournis. Les lingots ne doivent pas être forgés à une température supérieure à 1800°F. Dans le chauffage des lingots, le temps minimum nécessaire pour obtenir une température uniforme devra être observé afin que soit réduite au minimum la contamination par l'atmosphère du four. On pourra utiliser des fours chauffés à l'électricité, au mazout ou au gaz. Lorsque cela est possible, une atmosphère inerte est préférable. La substance sera placée dans le four de façon que les flammes n'y touchent pas directement.

#### 3.3 Chemisage

Les billettes forgées et usinées devant servir à l'extrudage des enveloppes à transformer en tubes seront d'abord garnies d'une chemise de cuivre, de laiton ou autre matière approuvée par l'acheteur.

#### 3.4 Chauffage préalable à l'extrudage

Les billettes garnies d'une chemise et devant servir à l'extrudage subiront le chauffage minimum nécessaire pour obtenir une température uniforme dans toute la section, de façon à réduire au minimum toute réaction dont la chemise pourrait être l'objet.

#### 3.5 Recuit

Tout recuit des gaines devra se faire à vide. Après la libération des gaz, la pression ne devra pas dépasser 5 microns de mercure.

#### 3.6 Décapage

Après l'extrudage et avant d'être réduits à leur diamètre définitif, les tubes seront décapés et (ou) usinés de façon à assurer l'enlèvement des chemises d'extrudage et de la couche d'alliage. Les lubrifiants ou revêtements utilisés dans la dernière réduction de diamètre seront entièrement enlevés par un dégraissage ou un décapage. S'assurer qu'après ces opérations les dimensions des tubes répondent aux prescriptions de l'acheteur.

#### 3.7 Contamination

Le fabricant doit prendre les plus grandes précautions afin d'empêcher la contamination de la matière par des éléments qui pourraient réduire dangereusement la résistance à la corrosion des tubes finis. Il faut faire surtout attention à l'azote et à l'hydrogène qui pourraient adhérer à la matière.

#### 4. Travail à Froid

Les tubes finis comportent de 15 à 20 p. 100 de travail à froid, proportion qui sera déterminée par les dimensions des tubes avant et après les dimensions définitives.

#### 5. Dimensions, tolérances et fini de la surface

Les dimensions, les tolérances et le fini des surfaces seront conformes aux prescriptions contenues dans la commande.

#### 6. Analyse des prélèvements

Ainsi qu'il est convenu par l'acheteur et le fabricant, une analyse de contrôle sera faite sur un prélèvement de chaque assortiment, en vue de déterminer la présence possible d'impuretés additionnelles dans ces substances au cours des transformations. Un assortiment se composera de tous les tubes provenant d'un lingot et ayant subi les mêmes transformations.

L'analyse de contrôle consistera à déterminer les quantités d'hydrogène et d'azote, ainsi que de tout autre élément que prescrira l'acheteur. Les résultats de ces analyses devront satisfaire aux conditions des clauses 4.1 et 4.2 de la prescription BQ50X2B de la C.G.E., exception faite des éléments suivants:

|                         |               |
|-------------------------|---------------|
| Hydrogène .....         | 30 ppm, max.  |
| Azote, en moyenne ..... | 80 ppm, max.  |
| Azote, isolément .....  | 100 ppm, max. |

#### 7. Essai hydrostatique

Le vendeur fera subir isolément à chaque longueur de tube un essai à la pression hydrostatique. Le tube sera soumis pendant au moins 10 secondes à une pression hydrostatique qui imposera à ses fibres une tension minimum de 34,000 et une tension maximum de 38,000 livres par pouce carré, déterminées par la formule suivante:

$$P = \frac{2 St}{D}$$

P = la pression de l'épreuve hydrostatique en livres par pouce carré.

S = la tension sur les fibres en livres par pouce carré.

t = épaisseur minimum prescrite de la paroi des tubes en pouces.

D = diamètre prescrit de l'intérieur du tube en pouces.

#### 8. Défectuosités superficielles

Après la finition, la surface des tubes devra être exempte de défectuosités dangereuses. Les petites défectuosités telles que les marques de manipulation, les marques de redressement, les légères marques faites par les mandrins ou les galets, les alvéoles peu profondes, ne seront pas jugées dangereuses, pourvu que leur profondeur ne soit pas plus de 5 p. 100 de l'épaisseur de la paroi ou que l'enlèvement de ces alvéoles ne réduise pas l'épaisseur des parois à un niveau inférieur au minimum prescrit. L'enlèvement de ces imperfections n'est pas nécessaire.

#### 9. Essai non destructif

Le vendeur fera l'examen de chaque tube à l'usine au moyen d'un appareil à ultra-sons. L'appareil employé aura une sensibilité de 2.5 p. 100 de l'épaisseur de la paroi des tubes. Toute défectuosité d'une profondeur de plus de 1/16 de pouce ou qui réduit de 5 p. 100 l'épaisseur effective de la paroi sera un motif de rejet. L'acheteur et le vendeur s'entendront au sujet de la marche à suivre et des normes à appliquer.

## 10. Résistance à la corrosion

Le vendeur prendra, aux deux bouts de chaque tube, des prélèvements qui subiront l'épreuve de la résistance à la corrosion. Ceux-ci seront soumis pendant 14 jours à l'action de la vapeur à 750°F. à une pression de 1,500 pieds au pouce carré, ou pendant 80 jours à l'action de l'eau à 680°F. Les essais seront effectués et leurs résultats jugés d'après la prescription EQ50X1 de la C.G.E.

Si le vendeur ne dispose pas d'une installation d'essai en autoclave, les essais de résistance à la corrosion peuvent être, après entente réciproque, confiés à une agence.

## 11. Prélèvements

Outre les prélèvements nécessaires aux essais qu'exige la présente prescription, le vendeur devra fournir à l'acheteur les prélèvements décrits ci-dessous, en prévision des essais que celui-ci doit effectuer. Les résultats de ces essais qui ne sont effectués qu'à titre de renseignement ne seront utilisés comme motif de rejet au détriment du vendeur.

### 11.1 Tube

De chaque lingot, un tronçon de tube d'une longueur de cinq pieds sera prélevé pour les épreuves de résistance à l'éclatement. Les pièces qui ne répondent pas aux dimensions prescrites mais aux autres prescriptions peuvent servir aux fins précitées.

### 11.2 Barre

Un spécimen de la matière de chaque lingot sera prélevé sous forme de barre tirée à froid dans la proportion de 15 p. 100. Pour obtenir le maximum d'emploi du zircaloy, la quantité de barres et leurs dimensions feront l'objet d'accords distincts entre l'acheteur et le vendeur. A des fins documentaires, environ 20 livres de barre d'un pouce et un quart de diamètre pourront suffire. Ces échantillons sous forme de barres sont destinés aux épreuves de résistance à l'allongement et au gonflement qu'effectue l'acheteur.

## 12. Identification

Le fabricant doit inscrire à l'extrémité de chaque tube une marque d'identité permanente indiquant le numéro du lingot utilisé.

## 13. Empaquetage

Chaque tube sera enveloppé séparément dans du papier propre puis convenablement empaqueté dans des containers, de façon à être protégé contre les dégâts et la contamination par la saleté pendant le transport et l'emmagasinage.

## 14. Inspection

L'inspecteur représentant l'acheteur aura, en tous moments où l'on exécutera les travaux que ce dernier aura commandés moyennant contrat, libre accès à toutes les sections de l'établissement du vendeur où se fabriquent les tubes. Le fabricant doit fournir gratuitement à l'inspecteur tous les moyens normaux de se rendre compte que le travail est exécuté conformément aux prescriptions.

## 15. Rapports sur les essais

Le fabricant communiquera à l'acheteur ou à son représentant un rapport des résultats des analyses chimiques, des épreuves physiques et des épreuves de résistance à la corrosion poursuivies conformément aux prescriptions. Le vendeur devra certifier que les tubes ont été produits selon toutes les exigences du devis descriptif.

CANADIAN GENERAL ELECTRIC

PRESCRIPTIONS

Essais de recette des tubes de refroidissement du NPD-2

| SECTION                                       | PAGE |
|---|------|
| 1. Application.....                           | 59   |
| 2. Epreuves de résistance à la corrosion..... | 59   |
| 3. Epreuves de résistance au fluage.....      | 59   |
| 3.1 Essais de recette.....                    | 59   |
| 3.2 Utilisation simulée.....                  | 59   |
| 4. Epreuve de résistance à l'éclatement.....  | 60   |
| 5. Métallographie.....                        | 60   |

Acheminement: AL-3, M.U.-1, M.E.-1.

11.2 Barre

Un échantillon de la matière de chaque finnet sera prélevé sous forme de barre fine à froid dans la proportion de 15 à 100. Pour obtenir le maximum d'emploi du métal, la quantité de barres et leurs dimensions seront l'objet d'accords distincts entre l'acheteur et le vendeur. A des fins documentaires, environ 20 livres de barre 5/8 pouce et un quart de diamètre nominal suffiront. Ces échantillons sous forme de barres sont destinés aux épreuves de résistance à l'allongement et au gonflement qu'effectue l'acheteur.

12. Identification

Le fabricant doit inscrire à l'extrémité de chaque tube une marque d'identité permanente indiquant le numéro du finnet utilisé.

13. Emballage

Chaque tube sera enveloppé séparément dans du papier propre puis convenablement emballé dans des contenants de façon à être protégés contre les dégâts et la contamination par la saleté pendant le transport et l'emballage.

14. Inspection

L'inspecteur représentant l'acheteur aura, en tout moment, un accès à toutes les sections de l'établissement du vendeur où se fabriquent les tubes. Le fabricant doit fournir gratuitement à l'inspecteur tous les moyens normaux de se rendre compte que le travail est exécuté conformément aux prescriptions.

15. Rapports sur les essais

Le fabricant communiquera à l'acheteur ou à son représentant un rapport des résultats des analyses chimiques, des épreuves physiques et des épreuves de résistance à la corrosion pourvu qu'elles soient prescrites. Le vendeur devra certifier que les tubes ont été produits selon toutes les exigences du devis descriptif.

*Essais de recette des tubes de refroidissement du NDP-2***1. Application**

La présente prescription concerne les essais de recette des tubes de refroidissement du NDP-2 qui s'ajoutent aux essais de la prescription B50QX4 de la C.G.E. Le rejet des tubes qui ne satisfont pas aux exigences ne devrait pas être imputé au compte du fabricant.

**2. Épreuves de résistance à la corrosion**

2.1 Tous les tubes doivent être soumis isolément à l'épreuve de résistance à la corrosion avant d'être installés dans le réacteur.

2.2 Pour ces épreuves, on suivra dans ses grandes lignes la prescription EQ50X1 de la C.G.E. On utilisera de la vapeur à 750°F. et à une pression de 1500 livres par pouce carré (liv./po.<sup>2</sup>) ou de l'eau à 680°F. La durée totale de l'épreuve à la vapeur sera de trois jours tandis que celle de l'épreuve à l'eau sera de 14 jours. Les épreuves se feront en deux temps, chacun représentant la moitié de la durée prescrite. Les tubes seront examinés à la fin du premier temps et de nouveau à la fin de l'épreuve.

2.3 A la fin du premier temps, les surfaces internes et externes des tubes seront examinées à l'œil. Tous les tubes qui décèleront la présence d'oxyde blanc ou d'oxyde brun seront décapés au jet de vapeur ou par tout autre procédé approuvé puis décapés de nouveau avant la deuxième partie de l'épreuve. Celle-ci terminée, les surfaces internes et externes des tubes seront de nouveau examinées à l'œil. Les tubes qui, de nouveau, décèleront la présence d'oxyde blanc ou d'oxyde brun aux mêmes endroits que dans la première épreuve seront rejetés. Les étendues importantes d'oxydes constitueront un motif de rejet. Les tubes dont les oxydes blancs ou bruns se trouveront sur la surface externe en petites étendues détachées seront acceptés. Si, au contraire, leur surface interne décèle la présence d'oxyde blanc en petites étendues détachées, ces tubes ne seront utilisés que sur le conseil des ingénieurs d'étude et de la métallurgie.

**3. Épreuves de résistance au fluage****3.1 Recette**

Un essai de recette d'une durée de 1,500 heures sera effectué à une température de 550°F. et à une pression de 20,000 liv./po.<sup>2</sup> sur une barre tirée de chaque lingot dans la proportion de 15 p. 100 à froid. L'effort total de résistance au fluage pendant 1,000 heures ne devra pas dépasser 0.1 p. 100 et la vitesse de gonflement entre 1,000 et 1,500 heures sera inférieure à  $1 \times 10^{-5} \%$  / heure. Les tubes fabriqués des lingots qui ne satisferont pas à cette exigence seront rejetés.

**3.2 Utilisation simulée**

Les épreuves de résistance au gonflement seront effectuées à une température de 550°F. et à une pression de 13,500 liv./po.<sup>2</sup> sur des barres tirées de chaque lingot dans la proportion de 15 p. 100 à froid. Avant l'épreuve, la matière sera, en autoclave, soumise pendant trois jours à une température de 750°F. et à une pression de 1,500 liv./po.<sup>2</sup>. Les épreuves se poursuivront jusqu'à ce que l'effort total de résistance au gonflement dépasse 1.0 p. 100. A titre de renseignement, ces épreuves devraient demander une dizaine d'années. En s'inspirant de ces épreuves, on prescrira une durée d'utilisation maximum pour les tubes de refroidissement.

#### 4. Épreuves de résistance à l'éclatement

Un tronçon de tube de chaque lingot sera soumis à une épreuve de résistance à l'éclatement sous une pression hydrostatique qui se fera selon des procédés approuvés, à une température de 530°F. On examinera les spécimens brisés, afin de trouver les points de rupture fragile.

#### 5. Métallographie

Les spécimens destinés à l'examen métallographique seront prélevés aux extrémités de chaque tube. Ces spécimens seront préparés selon une technique approuvée et soumis à un examen ayant pour but la découverte de veinules et d'hybridité dans la matière.

#### Procédé du décapage du Zircaloy

##### 1. Application

La présente prescription s'applique au matériel et au procédé employés dans le décapage du Zircaloy.

##### 2. Matériel

###### 2.1 Container

La solution de décapage devrait être gardée dans un container étanche et acido-résistant en polyéthylène ou autre matière semblable.

###### 2.2 Appuis

Les appuis des pièces à décaper devraient être construits en matière acido-résistante et conçus de telle façon que les spécimens ne se toucheront pas. On n'utilisera pas de pinces, car le décapage ne se ferait pas aux points de contact.

###### 2.3 Cuves de rinçage

Les cuves de rinçage devraient être fabriquées d'une matière qui résiste à la corrosion, comme par exemple, l'acier inoxydable.

##### 3. Bain de décapage

###### 3.1 Composition

Les bains de décapage de la composition suivante sont satisfaisants:

|                                  |                   |
|----------------------------------|-------------------|
| Acide hydrofluorique (43%) ..... | 4-5% par volume   |
| Acide nitrique (P.S. 1.42) ..... | 40-45% par volume |
| Eau déminéralisée .....          | Le reste          |

##### 4. Préparation de la matière

4.1 La matière devra être propre et exempte d'huile, de saletés, de pellicules d'oxyde, de produits corrosifs, etc.

4.2 Les minces couches d'oxydes et les pellicules corrosives seront enlevées au moyen d'un jet de vapeur provenant d'un lance-vapeur Norton de 200 mailles ou d'un appareil équivalent donnant un jet d'une pression de 100 liv/po.<sup>2</sup>. Il faut se garder d'utiliser le jet de vapeur au delà du temps nécessaire à l'enlèvement des oxydes.

4.3 Le dégraissage et le nettoyage peuvent se faire à la vapeur et être suivis d'un lavage à l'alcool. Comme autre solution, on peut se servir d'un détergent alcalin organique. Après le nettoyage, la matière devra être manipulée avec des gants de coton propres.

## 5. Décapage

- 5.1 La matière propre et sèche sera entièrement plongée dans le bain de décapage et agitée copieusement.
- 5.2 La durée du décapage étant fonction de la concentration du bain et de sa température, on pourra la déterminer par le décapage d'un tronçon témoin. Dans une solution nouvelle contenant 5 p. 100 d'acide hydrofluorique, la vitesse de l'enlèvement du métal sera d'environ 0.001po./min. La vitesse de décapage diminuera en proportion de l'affaiblissement de la solution.
- 5.3 Le bain devrait être renouvelé par l'addition d'acide hydrofluorique, lorsqu'il faut plus de cinq minutes pour enlever 0.001 po. de matière. Le bain régénéré sera éprouvé pendant cinq minutes au moyen d'un échantillon de zircaloy et si la matière s'alvéole, le bain doit être détruit.

## 6. Rinçage après le décapage

- 6.1 Immédiatement après sa sortie du bain de décapage et avant que l'acide puisse sécher sur sa surface, la matière sera submergée, pendant au moins trente (30) secondes, dans une cuve froide coulant d'un robinet.
- 6.2 La matière sera ensuite mise dans une deuxième cuve et entièrement rincée sous un robinet.
- 6.3 Les traces d'acide dans les fissures seront contrôlées à l'aide de papier tournesol et les pièces seront rincées jusqu'à ce qu'il ne reste plus de traces d'acide apparentes.
- 6.4 La matière sera ensuite submergée pendant quinze (15) minutes dans de l'eau déminéralisée chauffée à 140°F. Cette eau sera renouvelée à intervalles réguliers.
- 6.5 Les pièces seront séchées par évaporation au moyen d'un jet d'air propre et exempt de vapeur d'huile.

## 6. Manipulation

- 6.1 Toute matière traitée sera manipulée à l'aide de gants propres, secs et exempts de charpie, puis mise à l'abri des dégâts et de la contamination.

## 7. Marques d'identité

- 7.1 L'identité de toute matière sera maintenue au cours du décapage.

Procédé de l'épreuve de résistance à la corrosion du zircaloy

### 1. Application

La présente prescription s'applique à l'épreuve de résistance à la corrosion de spécimen, de parties composantes, d'assemblages ou de soudures de zircaloy.

### 2. Normes de surface à observer avant les essais

- 2.1 Tous les spécimens devant subir l'épreuve de résistance à la corrosion devront avoir un fini de 64 r.m.s. ou un fini plus fin.
- 2.2 Les spécimens, parties composantes, assemblages ou soudures devant subir l'épreuve seront tous décapés et rincés conformément à la prescription PQ50X3 de la C.G.E.

### 3. Conditions à observer au cours des essais

- 3.1 Sauf prescription contraire, les essais se poursuivront pendant 14 jours.
- 3.2 Les essais à l'eau à 680°F. seront effectués à la pression de saturation. Les essais à la vapeur à 750°F. le seront à une pression de  $1,500 \pm 100$  liv./po.<sup>2</sup>.
- 3.3 Tous les essais seront effectués à l'eau de catégorie A d'une teneur en oxygène de moins de 0.3 c.c. par litre déterminée par la méthode Winkler.

*Remarque:* L'eau de la catégorie «A» est de l'eau déminéralisée de pH  $7.0 \pm 1.0$  possédant une résistivité d'au moins 500,000 ohm-cm.

### 4. Autoclaves et accessoires

- 4.1 Les autoclaves en acier inoxydable des types 304, 316 ou 347 seront utilisés. Toutes les parties intérieures, etc., seront également en acier inoxydable austénitique.
- 4.2 Tous les autoclaves seront entièrement nettoyés avant l'usage. Un nettoyage satisfaisant se fera de la façon suivante:
  - 4.21 Enlever toutes les particules de matière au moyen d'une brosse en acier inoxydable.
  - 4.22 Dégraisser à l'aide d'un solvant efficace, par exemple l'acétone.
  - 4.23 Nettoyer de nouveau à l'alcool.
  - 4.24 Rincer à l'eau chaude sous le robinet.
  - 4.25 Rincer deux fois à l'eau de catégorie «A».
- 4.3 La température à l'intérieur de la chambre d'essai ne devra pas varier de plus de  $\pm 10^\circ\text{F}$ ., par rapport à la température prescrite.

### 5. Façon de procéder aux essais

- 5.1 La matière à éprouver devra être nettoyée et décapée conformément à la prescription PQ50X3 de la C.G.E.
- 5.2 La matière devra être manipulée avec des gants de coton propres.
- 5.3 Les spécimens, parties composantes ou assemblages seront tous mis en autoclave au cours de l'heure qui suivra le dernier rinçage et le séchage.
- 5.4 Tous les spécimens, etc., seront placés dans les fixations en acier inoxydable, de façon qu'ils ne se touchent pas.
- 5.5 Dans le cas des essais effectués dans l'eau à 680°F., les autoclaves seront utilisés de la façon suivante:
  - 5.5.1. L'autoclave contiendra suffisamment d'eau de la catégorie A pour recouvrir complètement la matière pendant toute la durée de l'épreuve.
  - 5.5.2. Une fois fermé hermétiquement, l'autoclave sera chauffé à  $300 \pm 50^\circ\text{F}$ . Lorsque l'eau aura atteint cette température, on permettra aux gaz de se dissiper dans l'atmosphère au cours de trois brèves périodes d'aération intervenant à intervalles réguliers au cours d'une période de dix minutes, puis la température et la pression seront portées à celles qui sont exigées pour les essais.
- 5.6 Pour les épreuves à la vapeur à 750°F. à  $1,500$  liv./po.<sup>2</sup>, la marche à suivre sera fonction de l'utilisation d'un générateur à vapeur indépendant.
  - 5.6.1 Autoclaves munis d'un générateur à vapeur indépendant.
    - 5.6.1.1. Les autoclaves seront partiellement remplis d'eau de la catégorie A, puis fermés hermétiquement.

5.6.1.2. L'autoclave sera chauffé à une température de  $300 \pm 50^\circ\text{F}$ ., puis aéré, ainsi qu'il est indiqué en 5.53.

5.6.1.3. La température de l'autoclave sera alors portée à  $600^\circ\text{F}$ . puis celui-ci sera relié à un générateur de vapeur fonctionnant à une température de  $600^\circ\text{F}$ . et une pression de 1,500 liv./po.<sup>2</sup>.

5.6.1.4. L'autoclave sera chauffé à la température d'essai, savoir  $750^\circ\text{F}$ .

5.6.2. Autoclaves sans générateur à vapeur indépendant.

5.6.2.1. Dans l'autoclave, on ajoutera de l'eau de la catégorie A à la quantité qui est nécessaire pour le remplir de vapeur surchauffée à  $750^\circ\text{F}$ . à une pression de 1,500 liv./po.<sup>2</sup>.

5.6.2.2. La température sera progressivement portée à  $750^\circ\text{F}$ ., l'excédent d'eau et de vapeur étant libéré pour maintenir la pression à 1,500 liv./po.<sup>2</sup>.

5.7 Dans le cas d'un arrêt occasionné par une panne de courant ou autres incidents, les maitères à l'essai demeureront dans l'autoclave pendant une période correspondante dans les conditions d'essai. L'acheteur sera avisé de ces interruptions.

## 6. Normes de recette

6.1 Les spécimen éprouvés à l'eau à  $680^\circ\text{F}$ . ou à la vapeur à  $750^\circ\text{F}$ . pendant quatorze jours ne devront pas accuser une augmentation de poids respectifs supérieurs à 20 mg/dm<sup>2</sup> et à 40 mg/dm<sup>2</sup>. Quant aux épreuves de durée différente, les augmentations de poids maxima acceptables seront celles qui figurent à l'appendice A.

6.2 Les spécimen, parties composantes, assemblages ou soudures éprouvés à l'eau à  $680^\circ$  ou à la vapeur à  $750^\circ\text{F}$ . ne devront pas présenter de matières corrosives brunes et (ou) blanches.

6.3 Avec l'approbation de l'acheteur, les pièces qui auront été éprouvées et rejetées pourront être éprouvées de nouveau, pourvu qu'elles satisfassent aux conditions suivantes:

6.31 Avant le décapage en prévision du nouvel essai, la matière sera soumise à un jet de vapeur provenant d'un lance-vapeur Norton de 200 mailles ou d'un appareil équivalent donnant un jet d'une pression de 100 liv./po.<sup>2</sup>. Il faut se garder d'utiliser le jet de vapeur au delà du temps nécessaire à l'enlèvement des oxydes.

6.32 Après avoir été soumise au jet de vapeur, la matière sera nettoyée et décapée conformément à la prescription PQ50X3 de la C.G.E.

## APPENDICE "C"

## DONNÉES PRÉLIMINAIRES

relatives à une

## INSTALLATION D'ENRICHISSEMENT CANADIENNE

## Sources:

1. *Chartering a Course for Nuclear Power Development* par Karl Cohen—NUCLEONICS, janvier 1958, pages 66-70.
2. *Atomic Energy Facts*—Publication de l'U.S. Atomic Energy Commission.
3. *The Case for Uranium Enrichment in Canada*, par John Davis—1<sup>er</sup> juin 1960.
4. Forum Memo, volume 6 n° 12, décembre 1959, de l'Atomic Industrial Forum Inc.

## Données de base (É.-U.)—(Faits hypothétiques)

- a) Le coût officiel des trois usines d'enrichissement des États-Unis tel qu'il a été publié est de \$2,300,000,000. (Source 2, p. 37.)
- b) De nouvelles usines de diffusion (enrichissement) peuvent se construire pour le tiers des frais de premier établissement des installations existantes des États-Unis. (Source 3, page 23.)
- c) Les trois usines d'enrichissement existantes des États-Unis produiront annuellement environ 85 tonnes courtes d'uranium enrichi de 90 p. 100 ou 17,000 tonnes courtes d'uranium enrichi de 1.5 p. 100. (Source 1, page 68.)
- d) Il faut 2.56 tonnes de matière première d'uranium naturel pour produire une tonne d'uranium enrichi de 1.5% et 1.56 tonne d'uranium appauvri. (Source 1, p. 68.)
- e) La production provenant d'un tiers des usines de diffusion des États-Unis pourrait:
  1. Maintenir indéfiniment une production d'énergie nucléaire d'une puissance de 70,000,000 de kilowatts électriques, ou
  2. Fournir le capital initial et le combustible fissile pour alimenter un générateur d'énergie nucléaire d'une puissance de 45,000,000 kilowatts électriques. (Source 1, pp. 68-69.)
- f) La consommation en énergie à un tiers des usines de diffusion existantes des États-Unis est de 2,000,000 kilowatts électriques. (Source 1, page 69.)
- g) Le personnel d'exploitation des trois usines d'enrichissement des États-Unis se compose au total de 10,000 employés. (Source 1, page 68.)

*Les données qui suivent supposent une usine d'enrichissement canadienne d'une capacité égale à la moitié de celle d'une des usines d'enrichissement des États-Unis.*

Les frais de premier établissement des trois usines d'enrichissement des États-Unis s'élèvent à \$2,300,000,000—Hypothèse a). Par conséquent, les frais

de premier établissement de chaque usine sont de \$770,000,000. Si l'on construisait la même usine aujourd'hui, elle ne coûterait que le tiers de cette somme, soit \$263,000,000—Hypothèse b).

Une usine d'enrichissement n'ayant que la moitié de cette capacité de production coûterait un peu plus de la moitié de cette somme, étant donné que plus la capacité des usines diminue, plus les frais unitaires augmentent. D'après une marge d'éventualités de 15 p. 100 et un facteur de prix de revient unitaire de 1.4, on estime qu'une usine d'enrichissement ayant la moitié de la capacité coûterait

$$\frac{1}{2} \times 263 \times 1.4 \times \frac{115}{100} \text{ ou } 211 \text{ millions}^*$$

(Le facteur de prix de revient unitaire de 1.4 a été choisi après une étude de l'ENGINEERING ECONOMICS, 3<sup>e</sup> édition, par Bullinger et du tableau des frais opposés à la capacité, à la page 47 de NUCLEONICS, janvier 1958).

Cette usine d'enrichissement de demi-grandeur pourrait:

- produire annuellement 2,800 tonnes courtes d'uranium enrichi de 15 p. 100—Hypothèse c) (ou une quantité plus petite d'uranium plus enrichi si l'usine était conçue à cette fin).
- produire annuellement 4,400 tonnes courtes d'uranium appauvri—Hypothèse d).
- consommer annuellement 7,200 tonnes courtes d'uranium naturel—Hypothèse d).
- nécessiter pour son fonctionnement le débit ininterrompu d'une centrale d'énergie d'un million de kilowatts—Hypothèse f) et
- utiliser un personnel de 1,700 employés—Hypothèse g)

Elle pourrait également:

- fournir le capital initial et le combustible fissile requis annuellement pour alimenter un générateur d'énergie nucléaire d'une puissance de 22,500,000 kilowatts électriques—Hypothèse e) 2, ou
- fournir le combustible fissile requis annuellement pour alimenter indéfiniment un générateur d'énergie nucléaire de 35 millions de kilowatts électriques—Hypothèse e) 1.

Cette usine d'enrichissement est une installation plus importante que celle dont le Canada a besoin pour sa production d'énergie nucléaire en 1980, mais elle conviendrait à peu près pour celle de 1985. Une usine ayant la moitié de cette capacité pourrait se construire à un prix de revient initial d'environ \$148,000,000, mais ses frais d'exploitation unitaires seraient d'environ 6 p. 100 plus élevés.

\*Ce chiffre diffère de celui de Davis qui est de 400 millions, parce qu'il n'a pas utilisé le facteur d'un tiers de l'Atomic Industrial Forum, ni la même échelle, ni les mêmes facteurs impondérables que ceux qui sont utilisés ici. (Source 3, page 19)

Ce chiffre correspond à celui de l'exposé de l'Atomic Industrial Forum (Source 4, page 28), selon lequel «lorsqu'une capacité de séparation supplémentaire de l'ordre de U235 est nécessaire, une usine de séparation isotopique et une usine d'énergie électrique classique pour alimenter celle-ci pourraient être construites pour fournir un combustible d'uranium faiblement enrichi pouvant produire de vingt à trente millions de kilowatts à un prix de revient initial de cinquante millions de dollars.

Ex.: L'usine d'enrichissement devant produire 22,500,000 kW coûtera \$211,000,000, la centrale d'énergie la faisant fonctionner coûtera \$150,000,000 et si l'on porte cette capacité à 30 millions de kilowatts, le prix de revient initial se chiffrera par \$480,000,000.

Les frais d'exploitation de l'usine d'enrichissement de \$211,000,000 seraient de:

|   |               |
|---|---------------|
| Frais de première installation (à 15 p. 100 par année, 5 <sup>e</sup> année) .....    | \$ 25,400,000 |
| Coût de l'énergie (à 3 millièmes de kWh) facteur de charge de 95% .....               | 25,000,000    |
| Entretien (à 3 p. 100 par année) .....  | 6,200,000     |
| Main-d'œuvre et autres frais d'exploitation (personnel d'exploitation de 1,700) ..... | 13,600,000    |
| Administration, etc. ....   | 8,000,000     |
| Matière d'alimentation* .....   | 100,000,000   |

TOTALITÉ DES FRAIS D'EXPLOITATION \$178,200,000

(La totalité des frais d'exploitation d'une usine ayant la moitié de cette capacité serait de \$94,000,000)

Il convient de noter que le coût des matières combustibles représente 56 p. 100 de la totalité des frais d'exploitation, même au prix hypothétique de l' $U_3O_8$  à \$7 la livre seulement. Le prix officiel de l'uranium enrichi à 1.5 p. 100 est, d'après le tarif officiel de l'USAEC, de \$65.99 par livre d'uranium (source 2, page 14).

Si l'on suppose que l'uranium appauvri pourrait être vendu à un dollar la livre à des fins métallurgiques, les recettes annuelles d'une telle usine d'enrichissement d'uranium seraient les suivantes:

|                         |               |
|-------------------------|---------------|
| —uranium enrichi .....  | \$369,000,000 |
| —uranium appauvri ..... | 8,300,000     |

RECETTES TOTALES 377,300,000

Les chiffres précités indiquent que d'après le tarif actuel de l'USAEC; l'enrichissement de l'uranium pourrait être une affaire très fructueuse lorsque, et cela est très important, lorsque les besoins s'accroîtront pour atteindre presque ceux des usines d'énergie.

Cela indique tour à tour que le prix de l'uranium enrichi pourrait fléchir bien au-dessous des prix actuels de l'USAEC. (Il est intéressant de faire observer que l'USAEC a annoncé récemment une baisse dans les prix de l'uranium enrichi. Selon ces calculs, les prix indiqués dans le tarif pourraient subir des baisses atteignant même 50 p. 100. Si cependant les prix qui figurent au tarif ne sont réduits que pour correspondre au prix plus bas du «concentré d'uranium», alors ils seront réduits d'environ 21 p. 100).

Le même pourcentage de réduction du prix de l'uranium enrichi et de l'uranium naturel aura un effet plus marqué sur le prix de revient de l'énergie produite par des réacteurs alimentés par de l'uranium enrichi que sur celui de l'énergie produite par de gros réacteurs utilisant l'eau comme ralentisseur et consommant de l'uranium naturel. Il y a pour cela deux raisons qui sont les suivantes:

1. Le coût de l'uranium naturel, des éléments combustibles revêtus de zirconium est à peu près équivalent au tiers de celui de l'uranium et aux deux tiers de celui du revêtement (voir le procès-verbal du

\*Ce chiffre est établi au prix de \$7 par livre de  $U_3O_8$  (\$9.25 la livre pour l'uranium en contenant) et de \$5.60 la livre d'uranium pour la convertir en  $UF_6$  combustible.

Comité, page 41 du fascicule 25 du mai 1961). Le coût des cartouches de combustible en uranium enrichi est d'environ la moitié de celui de l'uranium enrichi et la moitié de celui du revêtement (voir le procès-verbal du Comité, page 69 du fascicule 27 du 1<sup>er</sup> juin 1961).

2. Le coût d'alimentation d'un réacteur à l'uranium enrichi est une partie du coût total de la production d'énergie considérablement plus élevée que le coût d'alimentation d'un réacteur à l'uranium naturel.

Cela signifie que le même pourcentage de réduction du coût du combustible d'uranium naturel et d'uranium enrichi donnera une réduction plus forte des cartouches de combustible d'uranium enrichi que de celles d'uranium naturel revêtu de zirconium. Lorsque cette réduction plus forte du prix des cartouches de combustible d'uranium enrichi est appliquée au coût considérablement plus élevé de l'alimentation d'un réacteur à l'uranium enrichi, l'économie totale réalisée dans le coût du combustible et par conséquent dans celui de l'énergie est beaucoup plus marquée dans le cas du réacteur à uranium enrichi que dans celui du réacteur à uranium naturel utilisant l'eau lourde comme ralentisseur.

Si l'État désire une estimation des possibilités marchandes, économiques et technologiques d'usine d'enrichissement de l'uranium pour le Canada, le coût d'une telle étude se situerait entre  $\frac{1}{4}$  et  $\frac{1}{2}$  p. 100 de la totalité des frais de premier établissement.

Deux des plus éminentes autorités américaines en matière d'enrichissement de l'uranium par la méthode de la diffusion gazeuse sont MM. Manson Benedict, Chef du Département du génie atomique au Massachusetts Institute of Technology et Karl Cohen, du Département du matériel de centrale atomique, à la General Electric Company.

M. Benedict est également une autorité en ce qui concerne l'enrichissement de l'uranium par la méthode ultracentrifugeuse. M. John Davis, de la British Columbia Electric a discuté avec l'ancien président de l'USAEC la question de savoir quels sont les experts dans ce domaine hautement spécialisé, mais il n'a sans doute pas pu nommer ceux que l'on avait mentionnés.

Comité page 41 du fascicule 23 du mai 1961. Le coût des carbon-  
ces de combustible en uranium enrichi est d'environ la moitié de  
celui de l'uranium enrichi et la moitié de celui du revêtement (voir  
le procès-verbal du Comité page 59 du fascicule 23 du 1<sup>er</sup> juin 1961).

3. Le coût d'alimentation d'un réacteur à l'uranium enrichi est une  
partie du coût total de la production d'énergie considérablement plus  
élevée que le coût d'alimentation d'un réacteur à l'uranium naturel.

Cela signifie que le même pourcentage de réduction du coût du compo-  
sible d'uranium naturel et d'uranium enrichi donnera une réduction plus  
forte des économies de combustible d'uranium enrichi que de celles d'uranium  
naturel enrichi. Lorsque cette réduction plus forte du prix des  
cartouches de combustible d'uranium enrichi est appliquée au coût considé-  
rablement plus élevé de l'alimentation d'un réacteur à l'uranium enrichi,  
l'économie totale réalisée dans le coût du combustible est par conséquent dans  
celui de l'énergie est beaucoup plus marquée dans le cas du réacteur à  
l'uranium enrichi que dans celui du réacteur à l'uranium naturel utilisant l'eau  
lourde comme ralentisseur.

Si l'on tente une estimation des possibilités techniques, économiques  
et technologiques d'une élimination de l'uranium enrichi en Canada  
le coût dans cette étude est d'environ 10 à 15 % de la totalité des  
coûts de l'énergie.

Deux des plus éminentes autorités américaines en matière d'uranium-  
ment de l'uranium par la méthode de la diffusion gazeuse sont MM. Manson  
Benedict, Chef du Département du Service Atomique au Massachusetts Institute  
of Technology et Karl Cohen, du Département du Ministère de l'Énergie des  
Etats-Unis.

M. Benedict est également une autorité en ce qui concerne l'enrichis-  
ment de l'uranium par la méthode ultracentrifuge. M. John Davis, de la  
British Columbia Electric a discuté avec l'auteur président de l'USAEIC la  
question de savoir quels sont les experts dans ce domaine autrement spé-  
cialisés, mais il n'a sans doute pas pu nommer ceux qu'il avait mentionnés.

USAEIC se fonde sur le fait que le coût d'un réacteur à uranium enrichi est  
supérieur au coût d'un réacteur à uranium naturel. Cependant, les études  
récentes de l'auteur ont montré le contraire.

Les données techniques indiquent qu'il est possible de réduire le coût  
de l'uranium enrichi de 50 à 75 % par rapport au coût actuel. Si l'on  
réduit le coût de l'uranium enrichi de 50 %, le coût de l'énergie d'un réacteur  
à uranium enrichi est inférieur à celui d'un réacteur à uranium naturel.  
Si l'on réduit le coût de l'uranium enrichi de 75 %, le coût de l'énergie d'un  
réacteur à uranium enrichi est inférieur à celui d'un réacteur à uranium naturel.

La même conclusion est valable pour les réacteurs à uranium enrichi et  
pour les réacteurs à uranium naturel. Les données techniques indiquent que  
le coût de l'énergie d'un réacteur à uranium enrichi est inférieur à celui  
d'un réacteur à uranium naturel si le coût de l'uranium enrichi est réduit  
de 50 % ou plus.

La réduction du coût de l'uranium enrichi est la clé de la solution  
économique du problème de l'énergie nucléaire. Les données techniques  
indiquent que le coût de l'énergie d'un réacteur à uranium enrichi est  
inférieur à celui d'un réacteur à uranium naturel si le coût de l'uranium  
enrichi est réduit de 50 % ou plus.

Il est évident que la réduction du coût de l'uranium enrichi est la  
clé de la solution économique du problème de l'énergie nucléaire. Les  
données techniques indiquent que le coût de l'énergie d'un réacteur à  
uranium enrichi est inférieur à celui d'un réacteur à uranium naturel si  
le coût de l'uranium enrichi est réduit de 50 % ou plus.

CHAMBRE DES COMMUNES

Quatrième session de la vingt-quatrième législature

1960-1961

---

COMITÉ SPÉCIAL  
DES  
**RECHERCHES**

*Président: M. J. W. MURPHY*

---

PROCÈS-VERBAUX ET TÉMOIGNAGES

Fascicule 30

---

*ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED  
ELDORADO MINING AND REFINING LIMITED*

---

SÉANCES DES JEUDI 22 JUIN  
VENDREDI 23 JUIN ET  
LUNDI 26 JUIN 1961

---

Y COMPRIS LE TROISIÈME ET LE QUATRIÈME RAPPORTS  
À LA CHAMBRE

ROGER DUHAMEL, M.S.R.C.  
IMPRIMEUR DE LA REINE ET CONTRÔLEUR DE LA PAPETERIE  
OTTAWA, 1961  
25486-2-1



COMITÉ SPÉCIAL DES RECHERCHES

*Président:* M. J. W. Murphy

*Vice-président:* M. C. A. Best

et MM.

Aiken  
\*Anderson  
Batten  
Bissonnette  
Bourget  
Drysdale

Dumas  
Forgie  
Godin  
Korchinski  
McIlraith  
Nugent

Pitman  
Robinson  
Slogan  
Stearns  
Stewart

*Le secrétaire du Comité:*  
J. E. O'Connor.

\*A été remplacé le lundi 19 juin 1961 par M. Chatterton.

## ORDRES DE RENVOI

JEUDI 16 février 1961

Il est ordonné—1. Qu'un comité spécial soit institué afin d'étudier la ligne de conduite, le fonctionnement et les dépenses du Conseil national des recherches, de l'*Atomic Energy of Canada Limited* et de l'*Eldorado Mining and Refining Limited* et de faire rapport, à l'occasion, de ses observations et opinions sur ces questions;

2. Que, nonobstant les dispositions de l'article 67 du Règlement, le comité se compose de vingt membres et que onze membres constituent le quorum;

3. Que le comité soit autorisé à siéger pendant les séances de la Chambre, à faire imprimer au jour le jour les documents et les dépositions, selon qu'il l'ordonnera, à assigner des témoins et à faire produire des documents et des dossiers.

LUNDI 19 juin 1961

Il est ordonné—Que le nom de M. Chatterton soit substitué à celui de M. Anderson sur la liste des membres du Comité spécial des recherches.

Certifié conforme.

*Le greffier de la Chambre des Communes,*  
LÉON-J. RAYMOND.



## RAPPORTS À LA CHAMBRE

Le Comité spécial des recherches a l'honneur de présenter son

### TROISIÈME RAPPORT

Votre Comité a tenu dix-neuf séances afin d'étudier la ligne de conduite, l'exploitation et les dépenses de l'*Atomic Energy of Canada Limited* (AECL), et il a enregistré plus de 650 pages de témoignages. Au cours de ses audiences, il a entendu les témoins suivants:

De l'*Atomic Energy of Canada Limited*:

- Mr. J. L. Gray, président
- M. W. B. Lewis, vice-président aux recherches et au développement
- M. D. Watson, secrétaire
- M. G.-C. Laurence, directeur des recherches à la Division d'étude et de mise au point des réacteurs
- Le docteur C. G. Stewart, directeur de la Division de médecine
- Le docteur G. C. Butler, directeur des recherches à la Division de la biologie et de la physique médicale
- M. R. F. Errington, gérant de la Division des produits commerciaux
- M. C. G. Kennedy, agent des relations publiques

Ainsi que:

- M. Winnett Boyd, président de l'*Arthur D. Little of Canada Limited*
- Le professeur D. G. Andrews, de l'Université de Toronto
- M. Norman Z. Alcock, d'Oakville, Ontario
- M. P. K. Peterson, ingénieur en chef des produits atomiques à l'*Orenda Engines Ltd.*
- M. Dale Farnham, ingénieur en chef de l'Hydro-Québec
- M. George Baker, secrétaire du groupe «Rio Tinto»
- M. Ian McRae, président de la *Canadian Nuclear Association* et président du conseil d'administration de la *Canadian General Electric Co. Ltd.*
- M. G. I. Staber, directeur général de l'*Atomics Canada Ltd.*
- M. J. L. Olsen, chef du service des recherches sur les ventes et de la planification à la *Canadian General Electric Co. Ltd.*
- M. Roy F. Gross, gérant général de la *Canadian Nuclear Association*
- M. K. F. Tupper, président de l'*Ewbank and Partners (Canada) Ltd.*
- M. R. C. Golding, rédacteur du *Modern Power and Engineering*
- M. H. A. Smith, directeur général adjoint du service du génie à l'*Hydro-Electric Power Commission of Ontario*
- M. F. J. Bleackley, Dunnsville (Ont.)
- M. John Davis, directeur de la recherche et de la planification à la *B.C. Electric Company Limited*
- M. C. J. Mackenzie, président de la Commission de contrôle de l'énergie atomique
- M. G. M. Jarvis, secrétaire et conseiller juridique de la Commission de contrôle de l'énergie atomique.

Des membres du Comité ont visité la centrale de démonstration d'énergie nucléaire (NPD) de Rolphton (Ont.) et l'établissement à Chalk River de l'*Atomic Energy of Canada Limited* le 5 mai; ils ont aussi visité la Division des produits commerciaux de l'A.E.C.L. à Ottawa le 9 mai. En ces endroits, des guides accompagnaient les membres du Comité et des employés supérieurs de l'A.E.C.L. leur fournissaient des explications.

A Chalk River, le Comité a visité les réacteurs NRX et NRU et a vu l'accélérateur en tandem, le séparateur de masse et autres pièces imposantes d'outillage. Il a aussi entendu des allocutions sur le travail de la Division de la chimie et de la métallurgie, de la Division de la biologie et de la physique médicale et sanitaire et de la Division d'étude et de mise au point des réacteurs; et sur les recherches fondamentales dans les domaines de la physique, de la destruction des déchets et de la sécurité des réacteurs.

A Rolphton, les membres du Comité ont pu visiter le NPD, la première usine d'énergie nucléaire du Canada, dont l'aménagement tire à sa fin. Le réacteur, qui devait commencer à fonctionner avant la fin de l'année 1961, est en retard sur les prévisions mais devrait être en plein rendement, fournissant 20,000 kilowatts d'électricité au réseau de l'Hydro de l'Ontario, avant la fin de 1962.

Au cours de sa visite à la Division des produits commerciaux de l'A.E.C.L., le Comité a vu divers modèles d'appareils de thérapie au rayon cobalt utilisés dans le traitement du cancer et des cellules gamma pour l'irradiation des matériaux à des fins industrielles. On lui a aussi donné des démonstrations pratiques de la préparation de sources d'isotopes radio-actifs destinés à la vente et de la manutention de matières d'une très grande radio-activité.

Lors de ses réunions, le Comité a étudié divers domaines d'activité de l'A.E.C.L., depuis les recherches fondamentales, les études techniques et l'aménagement appliqué jusqu'à la construction de deux centrales d'énergie nucléaire.

En raison des dépenses considérables du gouvernement en ce domaine, le Comité s'est occupé surtout du programme d'énergie nucléaire de l'*Atomic Energy of Canada Limited*. Cette étude portait entre autres sur les divers genres de génératrices nucléaires mises en valeur dans le monde, sur le choix par l'A.E.C.L. d'un réacteur utilisant l'uranium naturel et l'eau lourde comme ralentisseur et refroidisseur pour la centrale NPD et pour l'usine de 200,000 KW fonctionnant à pleine capacité à Douglas Point (Ontario), sur la participation de l'A.E.C.L. à la construction de ces deux usines nucléaires et sur des questions d'hygiène et de sécurité. L'opportunité de construire au Canada une usine d'uranium enrichi a également été étudiée.

Le Comité fait l'éloge de l'*Atomic Energy of Canada Limited* qui a assumé énergiquement la direction de l'exploitation des ressources du Canada en vue d'affecter l'énergie atomique à des usages pacifiques. De telles initiatives comme l'École de Chalk River (réacteurs) et la participation de l'*Atomic Energy of Canada Limited* à des conférences nationales et internationales méritent de grandes félicitations.

Des équipes de savants internationalement reconnus dans le domaine de l'énergie atomique travaillent ensemble à Chalk River. Les programmes et les mises au point portant sur l'utilisation de l'énergie nucléaire comme force assurera celle-ci à l'économie et aux industries du pays lorsqu'une plus grande quantité de cette ressource sera requise. Alors qu'à venir jusqu'ici une grande partie de la production d'énergie électrique de cet organisme s'est faite en collaboration avec la Commission hydro-électrique d'Ontario, ce qui sera bientôt d'un grand avantage pour Ontario, les dessins et les techniques acquerront une valeur accrue lorsque cette énergie sera de plus en plus fournie aux autres provinces.

Le Comité se rend compte du grand nombre de recherches fondamentales que poursuit l'A.E.C.L.

Le Comité recommande que l'on ne néglige aucun effort pour hâter l'achèvement du projet de réacteur NPD-2 à Rolphton, en Ontario, et du réacteur CANDU à Douglas Point (Ontario).

L'achèvement du réacteur atomique canado-indien a été accueilli avec plaisir et l'on se rend maintenant compte de l'habileté de direction et de l'esprit d'initiative dont a fait preuve l'*Atomic Energy of Canada Limited*. Le Comité recommande qu'à l'égard des projets de ce genre il soit accordé une plus sérieuse considération à l'avenir aux secteurs d'autorité et d'administration respectifs des organismes du gouvernement et des sociétés privées intéressées.

Le Comité désire approuver les réalisations de la Division des produits commerciaux de l'*Atomic Energy of Canada Limited*. Le travail de cette division, en ce qui regarde l'application pratique de l'énergie atomique aux domaines de l'agriculture, de la médecine et de l'industrie, devrait être intensifié et développé dans la mesure du possible. Près des neuf dixièmes de leurs ventes constituent des exportations, ce qui est très louable. Votre Comité est d'avis qu'une grande partie de ce travail n'est pas assez connue du public et, d'autre part, que les travaux de recherches et d'exploitation de la Division devraient être encore amplifiés. Le travail de fabrication d'outillage pourrait être graduellement transmis à l'industrie privée, là où il ne saurait nuire aux travaux d'exploitation en cours.

Des fonctionnaires des services médicaux et biologiques de l'*Atomic Energy of Canada Limited* ont apporté des témoignages importants. Le Comité recommande fortement que le gouvernement encourage des études plus poussées sur les effets biologiques de la radiation. Vu que les fonctionnaires de l'*Atomic Energy of Canada Limited* sont d'avis qu'il ne serait pas désirable d'augmenter considérablement ces travaux à Chalk River, le Comité prie instamment le gouvernement d'indiquer d'abord la ligne de conduite à suivre par l'intermédiaire du Conseil national de recherches et de l'*Atomic Energy of Canada Limited* et ensuite de coopérer avec les universités canadiennes en vue d'établir un ou plusieurs centres de recherches en rapport avec les moyens disponibles dans les universités.

Le Comité croit que l'industrie canadienne devrait assumer une plus grande responsabilité dans le domaine des recherches et du développement, relativement à l'application pratique de l'énergie nucléaire au Canada. Il croit aussi que le gouvernement devrait encourager et aider l'industrie privée à augmenter le potentiel de production, les connaissances techniques et l'expérience des entreprises industrielles et de génie dans cette sphère.

Le Programme de réacteurs de puissance constitue l'activité la plus importante de l'*Atomic Energy of Canada Limited*. Des fonctionnaires de l'AECL ont expliqué ce programme de façon détaillée aux membres du Comité qui ont également entendu diverses opinions qu'ont exprimées des techniciens de l'industrie qui coopèrent à ce programme ainsi que d'autres personnes spécialisées dans divers domaines connexes.

Le Comité remarque avec satisfaction l'intention que manifeste l'*Atomic Energy of Canada Limited* de se retirer de la construction de l'usine d'énergie nucléaire, une fois complétés les projets NPD-2 et CANDU. On est d'avis que les nouveaux travaux appliqués qu'on entreprendra dans l'avenir soient, dans l'ensemble, confiés par contrats à des sociétés privées. Une organisation indépendante de l'*Atomic Energy of Canada Limited* pourrait être mise sur pied pour l'exécution des contrats en question, de façon que l'*Atomic Energy of Canada Limited* puisse concentrer son activité sur des projets de recherche

fondamentale, sans avoir à surveiller l'exécution des contrats. En cessant la construction d'usines d'énergie nucléaire, la société sera en mesure de prodiguer aide et conseil au gouvernement lorsqu'il s'agit d'évaluer le travail des agences non gouvernementales dans ce domaine.

Le Comité croit que l'*Atomic Energy of Canada Limited* a adopté une pratique solide et logique pour le développement de l'uranium naturel et des réacteurs à l'eau lourde.

Le Comité est d'avis qu'une étude devrait être faite sur la commercialisation, le génie et les conditions économiques d'une usine d'enrichissement de l'uranium au Canada. Un projet de ce genre devrait comprendre la considération et la comparaison de toutes les techniques d'enrichissement connues, ainsi qu'une étude complète des dimensions et situations possibles se rapportant à l'usine en question. Il est très important que l'étude en question porte sur les marchés d'exportation d'uranium à long terme, pour le Canada, en tant que partie d'une analyse des possibilités du point de vue économique. Comme des installations d'enrichissement au Canada augmenteraient les possibilités d'exportation pour la production domestique d'uranium, il est à espérer que les producteurs canadiens d'uranium prendront une part importante dans une étude de ce genre.

Le Comité recommande qu'une étude soit faite sur la possibilité de production d'eau lourde au Canada.

Le gouvernement devrait encourager, en y coopérant, les gouvernements provinciaux et les entreprises d'énergie, publiques et privées, de même que les industries connexes à entreprendre des études des réacteurs du genre alternatif pour la production de l'énergie.

Le Comité fait part de son inquiétude en ce qui concerne les problèmes relatifs au traitement des déchets radio-actifs et la sécurité des réacteurs.

Le Comité approuve les soins attentifs que l'*Atomic Energy of Canada Limited* apporte à la destruction des déchets radio-actifs, mais il s'inquiète du fait qu'il n'existe pas d'entente internationale à ce sujet. Les matières radio-actives en liberté dans l'air ou dans l'eau ne connaissent pas de frontières de sorte que, même si les Canadiens sont très prudents, la population de notre pays peut quand même souffrir de la négligence des autres pays. Le Comité recommande que le gouvernement continue de discuter ce problème au cours de ses échanges diplomatiques avec les autres nations intéressées, en vue d'en venir à une entente internationale régie par un organisme international approprié.

Le Comité approuve l'attitude de la Commission de contrôle de l'énergie atomique qui insiste pour que tous les réacteurs soient construits conformément aux pratiques et aux normes de génie reconnues. Il loue les efforts de collaboration du Comité consultatif de la sécurité des réacteurs et de la Commission de contrôle de l'énergie atomique dans ce domaine et il propose que la Commission s'assure qu'un personnel suffisant et compétent au point de vue technique et scientifique est disponible en tout temps pour ceux qui désirent des consultations.

En conclusion, le Comité est d'avis qu'en raison de l'importance du travail et des responsabilités qui lui sont confiés, l'*Atomic Energy of Canada Limited* doit faire régulièrement l'objet d'un examen minutieux. De plus, quand il sera reconstitué, votre Comité devra recevoir l'assistance de conseillers scientifiques et techniques d'expérience pour l'aider à étudier et à comprendre les questions d'ordre technique et scientifique qui lui sont soumises.

Le président,

J. W. MURPHY.

Le Comité spécial des recherches a l'honneur de présenter son

#### QUATRIÈME RAPPORT

Conformément à l'ordre de renvoi du jeudi 16 février 1961, le Comité a tenu vingt séances pour l'examen du programme, des travaux et des dépenses de l'*Eldorado Mining and Refining Limited* et il a publié plus de 670 pages de témoignages. Au cours de ses réunions, il a entendu les témoins suivants:

- M. W. M. Gilchrist, président de l'*Eldorado Mining and Refining Limited*
- M. R. C. Powell, secrétaire de l'*Eldorado Mining and Refining Limited*
- M. R. E. Barrett, directeur des achats de minerai à l'*Eldorado Mining and Refining Limited*
- M. Frank Forward, directeur de la *Canadian Uranium Research Foundation*
- M. John Convey, directeur à la Direction des mines du ministère des Mines et des Relevés techniques
- M. W. R. Harris, vice-président exécutif de la *Pacific Western Air Lines Limited*
- M. A. B. Kaywood, président de l'*Eldorado Aviation Limited*
- M. J. W. Green, directeur de l'économique et de la comptabilité à la Commission des transports aériens
- M. R. E. Harcourt, président de la *Yellowknife Transportation Company*
- M. Aubrey Simmons, président de l'*Arctic Shipping Company*
- M. J. R. Baldwin, sous-ministre des Transports.

Le Comité a étudié l'évolution de la société de la Couronne, l'*Eldorado Mining and Refining Limited* et de ses deux filiales, l'*Eldorado Aviation Limited* et la *Northern Transportation Company Limited*.

Il y a vingt ans, l'uranium était si rare et son importance commerciale était si minime que la plupart des gens n'en avaient jamais entendu parler; cependant, au cours de la dernière décennie, l'uranium est devenu un des principaux éléments du progrès et de la santé économique de notre pays.

Au cours des dernières années quarante, la course aux armes atomiques a aiguillonné la recherche de l'uranium dans tout le monde libre. L'*Eldorado* cherchait de nouveaux gisements de minerai depuis 1944 et elle a lancé en 1946 une campagne d'exploration à haute échelle. En 1948, le gouvernement ayant offert d'acheter de l'uranium à certaines conditions et à certains prix, d'autres sociétés minières se sont trouvées encouragées à rechercher du minerai. L'importante région de Beaverlodge a été trouvée par les prospecteurs de l'*Eldorado*; en 1953, d'autres sociétés ont découvert les gisements considérables d'Elliot Lake ainsi que ceux de la région de Bancroft.

Presque tout l'uranium produit au Canada a été vendu par l'intermédiaire de contrat avec la Commission d'énergie atomique des États-Unis, et la Commission a vu à ce que des quantités substantielles soient livrées à l'*Atomic Energy Authority* du Royaume-Uni. L'*Eldorado* a été l'intermédiaire du gouvernement dans la négociation et dans l'application de tous les contrats que l'État a conclus avec les producteurs canadiens d'uranium.

En novembre 1959, la Commission d'énergie atomique des États-Unis a annoncé qu'elle avait l'intention de ne pas se prévaloir des options qu'elle détenait et qui lui auraient assuré la livraison d'uranium canadien après l'expiration des contrats en vigueur. Cette décision a amené le gouvernement canadien, par l'intermédiaire de l'*Eldorado*, à offrir à l'industrie canadienne de l'uranium un programme qu'on qualifie maintenant d'allongé. Tel a été le résultat du désir qu'avaient les autorités des États-Unis et du Royaume-Uni d'aligner davantage leurs achats courants d'uranium sur leur besoins du moment, ainsi que de l'aspiration du gouvernement canadien à empêcher un effondrement

complet de l'industrie canadienne de l'uranium entre le 31 mars 1962 et le 31 mars 1963, période au cours de laquelle toutes les livraisons régies par les contrats fermes du Canada devaient être achevées. La mesure a eu pour effet de prolonger l'exploitation des sept mines aujourd'hui en production jusqu'à des dates qui vont du début de 1962, dans un cas, jusqu'à la fin de 1966, dans un autre cas.

Le Comité constate que des changements d'orientation considérables se sont produits dernièrement relativement aux approvisionnements en uranium. Pendant les années qui ont immédiatement suivi la guerre, et jusqu'en 1956, les réserves d'uranium étaient au plus bas et on rivalisait pour obtenir autant d'uranium que le Canada pouvait en fournir. En d'autres termes, les vendeurs étaient les maîtres du marché. Ainsi, en traitant avec les États-Unis ils se sont efforcés de s'assurer des options, outre des engagements rigides. L'industrie de l'uranium semble avoir agi sur l'hypothèse que ces options équivalaient à des contrats et qu'il lui fallait tout simplement produire autant d'uranium que possible.

De même, le Royaume-Uni s'est efforcé en 1956 de contraindre le gouvernement canadien à lui livrer de l'uranium. Les bases des trois achats d'uranium effectués par le Royaume-Uni ont été établies lors de la conférence des Bermudes du 26 mars 1957. Le très honorable Louis Saint-Laurent, premier ministre du Canada, le très honorable C. D. Howe, ministre du Commerce et l'honorable L. B. Pearson, secrétaire d'État aux Affaires extérieures ainsi que le très honorable Harold Macmillan, premier ministre, et le très honorable J. Selwyn Lloyd, secrétaire aux Affaires étrangères, représentant le Royaume-Uni, ont assisté à cette conférence. Les deux premiers contrats, de 10 et 11 millions de livres respectivement, qui à l'heure actuelle font l'objet d'accords visant les livraisons échelonnées, ont été conclus de façon ferme, mais le troisième, de 24 millions de livres, faisant l'objet d'une lettre d'intention, est de nouveau en voie de négociation entre les deux parties, parce que les circonstances ont changé, et le Comité ne désire pas faire de commentaires à ce sujet au stade actuel.

Vers la fin de 1958 on commençait à constater que la production mondiale dépassait de beaucoup les besoins, de plus fortes quantités d'uranium ayant été découvertes et mises en valeur, et les États-Unis ayant volontairement cessé les essais nucléaires. Ceci a complètement renversé la situation et le marché de l'uranium est devenu un marché d'acheteurs. Les dispositions prises par le gouvernement vers la fin de 1959 en vue de négocier des ententes visant les livraisons échelonnées avec les autorités des États-Unis et du Royaume-Uni sont fort louables.

Par suite de transferts de contrats en vertu des dispositions du programme d'extension, un certain nombre de mines ont cessé toute activité et, aujourd'hui, la production totale de l'industrie s'établit en moyenne à 19,400,000 livres d' $U_3O_8$  par année, au regard de 31,800,000 livres d' $U_3O_8$  en 1959, année où la production a atteint son sommet. Il y a maintenant sept sociétés productrices. Elles emploient un total de 5,820 personnes. Le 1<sup>er</sup> octobre 1959, les mines d'uranium employaient globalement 13,900 personnes. La plupart des employés de l'industrie de l'uranium se trouvent dans les régions d'Elliot Lake, Uranium City et Bancroft.

Le Comité félicite l'*Eldorado Mining and Refining Limited* de son activité en vue de l'amélioration des méthodes d'extraction et d'affinage de l'uranium et de ses travaux de recherche. Il félicite aussi l'industrie minière d'avoir établi la *Canadian Uranium Research Foundation* et est heureux de signaler la création de la *Canadian Nuclear Association*. La création de telles associations constitue un progrès marqué et essentiel en vue du succès de l'industrie de l'uranium et du domaine nucléaire au Canada.

La collaboration entre la Division de la recherche et de la mise en valeur de l'*Eldorado Mining and Refining Limited* et la Direction des mines du ministère des Mines et des Relevés techniques paraît très utile.

La découverte et la création de nouvelles utilisations pour l'uranium est d'importance si grande pour l'avenir de l'industrie canadienne de l'uranium que le Comité recommande de mobiliser toutes les ressources des organismes appropriés du gouvernement et de l'industrie de l'uranium elle-même en vue de l'exécution d'un programme coordonné et vigoureux de recherches dans ce domaine.

Sous ce rapport, le Comité recommande instamment qu'une aide accrue soit fournie à la Direction des mines du ministère des Mines et des Relevés techniques, afin qu'elle puisse augmenter son personnel et, au besoin, ses installations pour être en mesure de pousser plus loin ses recherches fondamentales et appliquées en vue de trouver de nouvelles utilisations pour l'uranium et d'améliorer davantage encore les procédés de traitement du minerai. En outre, le Comité prend note du désir de la direction des mines de s'assurer les services d'un plus grand nombre d'étudiants sur une base saisonnière, le nombre de ceux-ci n'ayant pas augmenté depuis plusieurs années, et d'obtenir un certain montant d'argent devant servir à subventionner les universités pour des travaux de recherches en matière de traitement des minéraux. Le Comité estime qu'il y aurait lieu de donner suite à ces deux demandes.

Le Comité constate le faible pourcentage des montants d'argent affectés aux recherches sur l'uranium par les sociétés privées du domaine minier, par rapport à la totalité de leurs revenus, et par rapport aux autres entreprises et industries minières. Ces compagnies privées ont manqué à leur devoir sur ce point et doivent maintenant assumer la responsabilité de fournir les fonds nécessaires aux recherches.

Le Comité se rend compte de plus que l'*Eldorado Mining and Refining Limited* a continué en 1960 de faire des dépenses pour des travaux de recherches et approuve la décision que celle-ci a prise en 1961 en vue de ne plus s'adonner activement aux travaux d'exploration.

Le Comité recommande qu'en raison des fonctions de l'*Eldorado Mining and Refining Limited* en tant qu'agent des ventes et des achats d'uranium pour le compte du gouvernement et en tant qu'adjudicateur de contrats, il faudrait faire une enquête poussée sur l'activité de cet organisme dans le domaine concurrentiel des mines.

Le Comité a étudié les cas de l'*Eldorado Aviation Limited* et de la *Northern Transportation Company Limited*. Dans celui de l'*Eldorado Aviation*, la Commission des transports aériens ayant étudié plus à fond une offre des *Pacific Western Air Lines* d'acheter la compagnie d'aviation, le Comité n'a pas par conséquent continué d'en faire une étude plus détaillée. Pour ce qui regarde la *Northern Transportation Company Limited*, le Comité a entendu les exposés des représentants de la *Yellowknife Transportation Company* et de l'*Arctic Shipping Company*; il y était indéniablement soutenu que la *Northern Transportation Limited* s'était prévalu de sa position pour se faire accorder une préférence pour le transport dans l'Arctique-Ouest et le bassin du fleuve Mackenzie.

En raison de la grande importance qu'il y a de maintenir et d'augmenter les moyens de communication dans le Nord, et du besoin qu'il existe de prévoir une expansion ordonnée du Nord-Ouest canadien, le Comité recommande qu'une étude impartiale et indépendante soit faite de tous les présents moyens de transport ainsi que des besoins futurs sur le réseau du fleuve Mackenzie et des régions avoisinantes.

Pour conclure, le Comité est d'avis que l'exploitation et les programmes de l'*Eldorado Mining and Refining Limited* ainsi que les filiales qui lui appartiennent entièrement doivent faire l'objet d'une enquête périodique.

Un exemplaire des Procès-verbaux et témoignages est ci-annexé.

Le président,

J. W. MURPHY.

## PROCÈS-VERBAUX

JEUDI, 22 Juin 1961.

(37)

Le Comité spécial des recherches se réunit à huis clos à 2 h. 45 de l'après-midi sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents:* MM. Aiken, Batten, Best, Bissonnette, Chatterton, Danforth, Drysdale, Murphy, Nugent, et Pitman.—(10)

Le Comité examine un projet de rapport à la Chambre, en modifie certains passages et décide d'en reprendre l'étude à une séance subséquente.

A 5 h. 20 du soir, le Comité s'ajourne au vendredi 23 juin 1961 à 11 heures et demie du matin.

VENDREDI, 23 juin 1961.

(38)

Le Comité spécial des recherches se réunit à huis clos à midi sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents:* MM. Batten, Best, Chatterton, Danforth, Drysdale, McIlraith, Murphy, Robinson et Stewart.—(9)

Le Comité reprend en considération le projet de rapport à la Chambre, qui concerne la ligne de conduite, le fonctionnement et les dépenses de l'*Atomic Energy of Canada Limited*.

A midi et 45 minutes le Comité lève la séance pour la reprendre plus tard le même jour.

### SÉANCE DE L'APRÈS-MIDI

(39)

Le Comité se réunit de nouveau à huis clos à 2 h. 40 de l'après-midi sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents:* MM. Best, Chatterton, Danforth, McIlraith, Murphy, Nugent, Pitman, Robinson et Stewart.—(9).

Après nouvelle étude le Comité adopte le projet de rapport et donne instructions au président de le présenter à la Chambre à titre de troisième rapport.

A 3 h. 50 de l'après-midi le Comité s'ajourne jusqu'à nouvelle convocation du président.

LUNDI 26 juin 1961.  
(40)

Le Comité spécial des recherches se réunit à huis clos à 2 h. 45 de l'après-midi sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents:* MM. Aiken, Best, Danforth, Drysdale, Forgie, Murphy et Robinson—(8).

Le Comité examine un projet de rapport à la Chambre qui concerne la ligne de conduite, le fonctionnement et les dépenses de l'*Eldorado Mining and Refining Limited*.

A 5 h. 30 du soir le Comité lève la séance pour se réunir de nouveau plus tard dans la soirée.

SÉANCE DU SOIR  
(41)

Le Comité se réunit de nouveau à huis clos à 8 h. 5 du soir sous la présidence de M. J. W. Murphy.

*Présents:* MM. Aiken, Best, Danforth, Drysdale, Murphy, Nugent, Pitman et Robinson—(8).

Le Comité reprend l'étude du projet de rapport, en modifie certains passages, l'approuve et donne instructions au président de le présenter à la Chambre comme son quatrième rapport.

A 8 h. 45 du soir, le Comité s'ajourne.

*Le secrétaire du Comité,*  
J. E. O'Connor.





