

doc  
CA1  
EA9  
R78  
FRE  
1967 mai



# PAGES DOCUMENTAIRES

DIVISION DE L'INFORMATION  
MINISTÈRE DES AFFAIRES EXTÉRIEURES  
OTTAWA - CANADA

Dept. of Foreign Affairs  
Min. des Affaires étrangères

MAY 25 2004

Return to Departmental Library  
Retourner à la bibliothèque du Ministère

N° 78

(révisé en mai 1967)

## RECHERCHE DANS LE DOMAINE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE AU CANADA

(par M. W.B. Lewis, premier vice-président (Sciences), d'Énergie atomique du Canada Limitée, Chalk River (Ontario).

Les premiers résultats importants des travaux de recherche au Canada dans le domaine de l'énergie atomique semblent maintenant évidents. La Commission de l'énergie hydro-électrique de l'Ontario construit actuellement à Pickering, près de Toronto, une centrale nucléaire à plusieurs groupes. Chaque groupe produira 500 mégawatts (1 mégawatt = 1,000 kilowatts), et l'on calcule qu'il y aura deux groupes qui fonctionneront en 1970-1971. D'après les prévisions, l'énergie produite coûtera moins de 4 millièmes le kilowatt-heure (0.4c le kilowatt-heure), et pourra faire concurrence à celle qui est produite dans les centrales thermiques qui existent déjà. La Commission hydro-électrique du Québec entre aussi dans le domaine nucléaire en aménageant une centrale nucléaire de conception avancée capable de produire 250 mégawatts. Comme les premiers réacteurs, ou piles, CANDU (*Canadian Deuterium Uranium*), ce modèle utilise, comme combustible, l'uranium naturel, et, comme ralentisseur, l'eau lourde, mais la chaleur du combustible est cédée à de l'eau ordinaire bouillante, au lieu d'eau lourde, maintenue à une pression suffisante pour empêcher l'ébullition. Le modèle est désigné en abrégé par le nom CANDU-BLW-250 (*Canadian Deuterium Uranium-Boiling Light Water - 250 mégawatts*).

La première pile expérimentale d'énergie nucléaire (NPD), CANDU-PHW-20 (eau lourde sous pression-20 mégawatts), à Rolphon, (Ontario), a donné un excellent service en 1964, en atteignant un coefficient de rendement de 82 p. 100, alors que l'objectif était de 80 p. 100. De plus, en décembre 1964 et en janvier 1965, alors que l'objectif était de 96 p. 100, on a obtenu un coefficient de rendement de 98 p. 100. En décembre 1965 et en janvier 1966, le chiffre dépassait encore l'objectif (96.5 p. 100). La pile, à la centrale de 200 mégawatts de Douglas Point, sur le lac Huron, a commencé à fonctionner le 15 novembre 1966.

Il se construit également des piles nucléaires canadiennes à eau lourde en Inde et au Pakistan. Pour répondre à la demande considérable d'eau lourde que l'on prévoit, des industries privées construisent actuellement, en

Nouvelle-Écosse, deux usines de production, et le gouvernement fédéral s'est engagé à acheter, au total, 2,500 tonnes d'eau lourde.

Bien que l'utilisation de l'énergie nucléaire doive nécessairement rétablir le marché mondial de l'uranium, ce n'est qu'après 1970 que se manifesterà le principal essor dans ce domaine. Le haut rendement énergétique que peut produire la fission de l'uranium est la clé de la puissance économique nucléaire. Ce rendement est si élevé que le coût de l'uranium brut entre dans une proportion très faible dans le prix de revient de l'électricité produite. Cette proportion d'environ 5 p. 100 fait contraste avec celle que représente le charbon dans certaines centrales thermiques: 50 p. 100 du prix de revient, et même davantage. Le facteur le plus important du prix de l'électricité produite dans les centrales nucléaires est le coût d'installation de la pile et de l'usine puis celui de la préparation du combustible qui est de 10 p. 100 à 15 p. 100.

Dans un passé assez récent, l'activité principale du Canada dans le domaine de l'énergie atomique consistait dans l'extraction et l'affinage de l'uranium en vue de son exportation à des fins militaires. Les circonstances ont tellement changé que le gouvernement a annoncé son intention de ne plus exporter d'uranium qui servirait à la fabrication d'engins nucléaires; il encourage désormais l'exportation de l'uranium à condition qu'il serve à des fins pacifiques comme celle de la production d'électricité.

Autre fait important, l'abaissement du coût de production moyen de l'électricité qui résulte de l'aménagement de centrales plus puissantes incite les grandes entreprises de service public à exporter de l'énergie de leur réseau et à assurer la liaison avec les zones de consommation élevée par la transmission d'énergie sous haute tension, même sur de grandes distances. La nouvelle tendance à diminuer les taux à mesure que la demande grandit profite également à tous les consommateurs.

Les piles génératrices canadiennes peuvent être construites pour donner le plus fort débit désiré et tirer avantage des changements qui se produisent dans la valeur marchande de l'uranium naturel et du combustible traité de nouveau au point d'obtenir un prix de revient de l'électricité encore plus bas à mesure que l'exploitation prend de l'envergure.

### Organisation

L'énergie atomique, au Canada, relève de trois organismes fédéraux: 1) la Commission de contrôle de l'énergie atomique, chargée de réglementer les travaux qui s'accomplissent dans ce domaine; 2) *l'Eldorado Mining and Refining Limited*, productrice d'uranium et agent de l'État pour l'achat de l'uranium des producteurs privés; et 3) l'Énergie atomique du Canada Limitée, chargée de la recherche et de la mise au point nucléaires, de la conception et de la fabrication des réacteurs, ainsi que de la production des isotopes radio-actifs et du matériel qui s'y rapporte, comme, par exemple, les appareils de traitement du cancer qui emploient le cobalt-60, et de grandes installations pour la stérilisation des fournitures médicales et pour d'autres usages.

La Commission de contrôle de l'énergie atomique n'effectue pas elle-même de recherches, mais elle remet d'importantes subventions aux universités à l'égard d'études indépendantes et pour l'achat de l'outillage sans lequel

ces universités ne pourraient pas facilement former les spécialistes de la recherche nucléaire de demain. Le Conseil national de recherche a aussi remis des subventions dans le domaine de l'énergie atomique. Au cours de l'exercice financier 1964-1965, ces subventions se sont élevées à \$2,450,000.

L'*Eldorado* a des laboratoires de recherche et de mise au point, à Ottawa, qui servent de complément à ses opérations d'extraction et de traitement de l'uranium à Beaverlodge, dans le nord de la Saskatchewan, et d'affinage à Port Hope (Ontario). Elle travaille de concert avec le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources qui se charge des études fondamentales sur la production et l'utilisation de l'uranium.

L'Énergie atomique du Canada Limitée est administrée par un conseil constitué de onze membres qui représentent l'industrie privée, les producteurs d'énergie, publics et privés, et les universités. L'installation principale de la société, (les Laboratoires nucléaires de Chalk River) est érigée à Chalk River (Ontario). Il y a une seconde installation, à savoir l'Établissement de recherches nucléaires de Whiteshell, à Pinawa (Manitoba). Le siège social de la société et sa Division des produits commerciaux sont à Ottawa. La Division des projets de centrales nucléaires, à Toronto, est chargée des études et de la mise au point des génératrices nucléaires et des stations d'énergie nucléaire; elle offre les services de ses ingénieurs-conseils dans le domaine nucléaire. La centrale expérimentale NPD a été conçue et construite avec le concours de la *Canadian General Electric Company Limited*, et de l'Hydro-Ontario. La Division des projets de centrales nucléaires, en collaboration avec l'Hydro-Ontario, a conçu et construit la station de Douglas Point. L'Hydro-Ontario s'est engagée à en faire l'acquisition lorsqu'elle fonctionnera de manière satisfaisante. Les groupes générateurs de la station de Pickering sont construits par l'Hydro-Ontario avec la collaboration des ingénieurs de la Division des projets de centrales. Un comité consultatif de l'énergie atomique tient les autres producteurs d'électricité au courant de tous les progrès. Cet organisme, créé par le gouvernement fédéral en 1954, se réunit périodiquement pour examiner les perspectives économiques de l'énergie nucléaire au Canada.

En raison du développement extrêmement rapide de la technologie nucléaire dans le monde, l'Énergie atomique du Canada Limitée entretient une collaboration active avec un grand nombre d'organismes divers, notamment avec des entreprises industrielles, des facultés des sciences et de génie d'universités canadiennes, des organismes d'État de l'étranger, plusieurs organisations internationales et de nombreux groupements techniques d'autres pays. C'est ainsi que la *Canadian General Electric Company* a conçu et construit la pile expérimentale WR-1 à refroidisseur organique, pour l'Établissement de recherches nucléaires de Whiteshell, aux termes d'un contrat à prix fixe. La *Canadian General Electric Company* et la *Canadian Westinghouse Company* sont les principaux fabricants de combustible aux termes d'un contrat passé avec l'Énergie atomique du Canada Limitée. D'autres travaux, qui se rattachent au programme canadien d'énergie nucléaire, sont exécutés avec le concours de la *Shawinigan Engineering, l'Orenda Limited, la Dilworth, Secord, Meagher and Associates, l'Atlas Steel Limited* et la *Montreal Engineering Company Limited*. De façon générale, l'Énergie atomique du Canada Limitée cherche à développer l'intérêt que porte l'industrie privée à la production de l'énergie nucléaire, afin qu'elle soit en mesure, le moment venu, de construire elle-même des centrales nucléaires, ce qui permettrait à la société d'État de se consacrer exclusivement aux études fondamentales

et à la mise au point de nouveaux types de réacteurs. L'Énergie atomique du Canada Limitée juge qu'elle devra encore, pendant quelques années, poursuivre son rôle de conseiller technique pour l'établissement des plans de stations d'énergie nucléaire. L'Énergie atomique du Canada apporte aussi son aide aux études nucléaires et aux travaux connexes des universités canadiennes; et elle confie à celles-ci l'exécution de tâches déterminées à forfait.

Pour poursuivre leur activité dans ce domaine, l'industrie et les universités doivent pouvoir se procurer rapidement les renseignements nécessaires. C'est une des raisons qui ont déterminé l'industrie à créer la *Canadian Nuclear Association*. C'est sous les auspices de cette association que se sont tenus plusieurs colloques annuels où l'on a étudié les progrès accomplis et les projets pour l'avenir. Un magazine commercial, le *Canadian Nuclear Technology*, fournit de façon régulière, les renseignements d'ordre général et les opinions diverses. On peut obtenir des renseignements précis de caractère technique surtout à la bibliothèque des Laboratoires nucléaires de Chalk River qui prête chaque mois environ 500 articles ou ouvrages. On y trouve une collection complète des ouvrages de tous les pays qui traitent d'énergie nucléaire. On peut obtenir aussi des renseignements en consultant les collections considérables d'ouvrages que renferment les bibliothèques de l'Université de la Colombie-Britannique, de l'Université McMaster et du Conseil national de recherche, ainsi que sept autres collections moins importantes qu'on trouve au pays.

Sur le plan international, l'Énergie atomique du Canada Limitée se tient en étroite relation avec la Commission atomique des États-Unis et avec l'Administration de l'énergie atomique de Grande-Bretagne, qui ont, toutes deux, des représentants permanents à Chalk River. Une collaboration a aussi été établie avec l'Agence internationale de l'énergie atomique, l'Organisation de coopération et de développements économiques et l'Euratom, ainsi qu'avec l'Australie, l'Allemagne de l'Ouest, l'Inde, l'Italie, le Japon, le Pakistan, l'Espagne, la Suède, l'URSS et, de manière moins officielle, avec le Danemark, la France et la Norvège. En Inde, on a construit une importante pile expérimentale (réacteur Canada-Inde) semblable à la pile NRX de Chalk River et dont l'inauguration a été faite en janvier 1961.

Une usine d'une capacité de 200 mégawatts, semblable à celle de Douglas Point, est en voie de construction en Inde aux termes d'un programme de coopération appelé le *Rajasthan Atomic Project (RAPP)*, (projet de centrale nucléaire du Rajasthan). Le Pakistan a signé un contrat avec la *Canadian General Electric Company* en vue de la construction d'une centrale de 130 mégawatts dans la région de Karachi.

#### Recherches et installations de recherche

Aux Laboratoires nucléaires de Chalk River, des travaux de recherche et de mise au point sont poursuivis par 200 hommes de science et ingénieurs et 300 techniciens dans de nombreux domaines; physique nucléaire, chimie nucléaire, radiobiologie, physique des réacteurs, chimie des radiations, radioactivité du milieu, physique des solides et des liquides etc. Leurs principaux instruments de travail sont les deux grosses piles NRX et NRU, les piles auxiliaires ZEEP, PTR et ZED-2, l'accélérateur en tandem Van de Graaff, et des instruments d'analyse tels que le spectromètre de précision à rayons *bêta*, les spectromètres de masse,

les microscopes électroniques, les analyseurs d'impulsions à plusieurs canaux, les enregistreurs automatiques, et les calculatrices électroniques, soit analogiques, soit numériques.

Il se fait des recherches fondamentales dans de nombreux domaines: constitution des noyaux atomiques, interaction des neutrons, non seulement avec les divers noyaux, mais aussi avec les liquides et les solides cristallins, particulièrement dans les cas où il y a transfert d'énergie. Dans le domaine des études sur la constitution du noyau, l'appareil Van De Graaff a permis des recherches entièrement nouvelles en fournissant des ions à charges multiples d'une énergie et d'une direction connues avec précision. On a réussi à produire des noyaux dans divers états d'énergie spécifique, par des voies différentes, puis à reconnaître et à analyser ces états, ce qui a permis de connaître par déduction le spin et d'autres caractéristiques et de découvrir, par exemple, dans le noyau du néon 20, trois séries d'état de rotation en corrélation. Cette découverte a été importante, non seulement pour étendre les connaissances que l'on possédait sur la structure du noyau, mais aussi parce qu'on l'applique à reconnaître les réactions complexes par lesquelles les noyaux se constituent à l'intérieur des étoiles.

Les faisceaux intenses de neutrons que produit le réacteur NRU permettent d'étudier l'interaction des neutrons et de la matière. En surveillant les neutrons du rayonnement cosmique, on a pu établir des corrélations avec les éruptions solaires et contribuer aux progrès récents qui se sont accomplis dans la connaissance des phénomènes de l'espace interplanétaire. La technologie des isotopes radio-actifs a donné lieu à diverses révisions de la théorie fondamentale des réactions chimiques provoquées par l'irradiation. Cette recherche fondamentale trouvera peut-être bientôt une application utile dans la technologie du refroidissement des piles génératrices par des liquides organiques.

Les possibilités d'études qu'offrent les piles NRX et NRU ont continué d'attirer des savants et des équipes de recherches universitaires du Canada ou de l'étranger. L'étude qui se fait à l'échelle internationale sur le moyen de diffuser et de ralentir les neutrons par des ralentisseurs et autres appareils à des températures élevées et basses, tire à sa fin et sera couronnée de succès. On pourra utiliser bientôt un plus grand nombre d'installations pour étudier, dans des conditions étroitement contrôlées, les dommages causés par la radiation. On aura notamment des appareils pour mesurer le fluage des métaux soumis à des tensions ainsi qu'au bombardement de neutrons rapides à des températures contrôlées.

La première installation importante à l'Établissement de recherches nucléaires de Whiteshell est la pile expérimentale WR-1, avec refroidissement par liquide organique et avec ralentisseur à eau lourde, qui a été mise en service en 1965. Les possibilités d'étude de cette installation favorisent, de façon spéciale, le travail de mise au point de piles puissantes d'un genre semblable. Les possibilités d'étude qu'offre la pile WR-1 sont passablement vastes; elles peuvent également aider le travail de mise au point d'appareils qui utilisent d'autres agents de refroidissement tels que l'eau bouillante et la vapeur surchauffée. Les instruments de laboratoire de l'Établissement de recherches nucléaires de Whiteshell permettent, en particulier, d'étudier les effets de la radiation, et l'on poursuit actuellement un programme important de recherche qui va de la biologie moléculaire à la chimie des radiations et à la technique des réacteurs.

## Progrès dans le domaine de l'énergie nucléaire

Le succès obtenu avec la série de réacteurs CANDU est attribuable, en grande partie, à la présentation adoptée pour le combustible dont on a fait l'essai lors de nombreuses irradiations expérimentales et dans des conditions qui sont plus rigoureuses que celles de l'utilisation normale. Le combustible prend la forme d'un bioxyde d'uranium fabriqué entièrement au Canada à partir de l'uranium naturel. Des chapelets de grains d'oxyde agglomérés sont introduits dans des tubes à parois minces en alliage de zirconium. Les tubes se faussent légèrement à l'usage et d'une manière précise, mais sans cesser de servir de façon satisfaisante. On a étudié, de façon approfondie, le mouvement des atomes produits par la fission, surtout les gaz, et on a établi des conditions satisfaisantes d'exploitation pour obtenir un rendement absolu en énergie de 9,000 mégawatts-jour par tonne d'uranium, et même davantage. Cette production d'énergie est si considérable qu'il n'est pas nécessaire de se préoccuper de régénérer le combustible utilisé, et l'on compte que l'alimentation en combustible coûtera moins de 0.1 cent par kilowatt-heure d'électricité. Ce prix se compare à environ 0.3 cent dans le cas du charbon qui coûte \$8 la tonne. L'abaissement du prix de l'alimentation en combustible est très important étant donné que le Canada peut recourir à de telles réserves de charbon, de pétrole et de gaz naturel, et que le prix de revient de l'électricité, est ici inférieur à ce qu'il est dans bien d'autres pays.

L'abaissement du prix de l'alimentation en combustible provient autant de certains détails de la conception du réacteur que du type général de celui-ci. Certaines de ses caractéristiques méritent d'être mentionnées. La première centrale nucléaire industrielle de Douglas Point produit 22- mégawatts. L'efficacité de rendement de la vapeur en circuit n'étant que de 33.3 p. 100, ce sont donc 660 mégawatts d'énergie thermique que le réacteur doit fournir pour la production de la vapeur. Le réacteur consiste essentiellement en un réservoir cylindrique rempli d'eau lourde, long de 16.5 pieds et d'un diamètre de 20 pieds, disposé horizontalement. Il y pénètre 306 alvéoles à combustible, parallèles à l'axe et formant un réseau dont les mailles mesurent 9 pouces carrés. Chacune des alvéoles consiste en un tube en alliage de zirconium, d'un diamètre intérieur de 3.25 pouces et d'une épaisseur d'environ 0.16 de pouce et capable de résister à de fortes pressions. Les éléments de combustible se présentent sous la forme d'assemblages de 19 barreaux de bioxyde d'uranium dense, d'une longueur de 19.5 pouces et d'un diamètre de 0.6 pouce, et contenus dans des tubes minces en alliage de zirconium. La chaleur des éléments de combustible passe directement à l'eau lourde, qui circule à 560<sup>o</sup> F et l'apporte à la génératrice de vapeur, où elle porte de l'eau ordinaire à 483<sup>o</sup> F sous 38 atmosphères, à l'état de vapeur saturée. On voit, par ces quelques détails, que le réacteur est d'une conception nettement en avance sur celle de 1956; la simple constatation de ce progrès permet d'espérer qu'on arrivera à des prix de revient de l'électricité en deçà du seuil de rentabilité. A titre d'indication du progrès réalisé, pour un rendement égal d'électricité, la production totale de chaleur du réacteur a été ramenée de 790 à 700 mégawatts tandis que le rendement du cycle même de la vapeur est passé de 27.9 p. 100 à 33.3 p. 100, et que la longueur des barreaux de combustible a été réduite de 86 à 30 kilomètres. Le coût prévu de l'alimentation en combustible est descendu de .185 cent par kilowatt-heure à .1 cent. Par ailleurs, on n'a pas pu diminuer, de façon sensible, le coût de construction du réacteur, qui se maintient aux environs de \$300 à \$400 par kilowatt d'électricité, compte tenu de l'ensemble des

installations. Toutefois, on entrevoit une réduction de ce côté maintenant qu'on a acquis de l'expérience qui permet d'améliorer les méthodes de fabrication et d'aménagement des réacteurs futurs. On pourra réduire encore davantage le prix unitaire de l'électricité en augmentant la puissance du réacteur de Pickering à 500 mégawatts d'électricité et en installant plusieurs de ces éléments dans une grande centrale d'énergie.

A la Troisième Conférence des Nations Unies sur l'utilisation pacifique de l'énergie atomique, qui s'est tenue à Genève en septembre 1964, on a présenté un aperçu du coût de plusieurs projets préliminaires de réacteurs puissants qui utilisent de l'eau lourde comme ralentisseur. Ces projets portaient sur des genres de réacteurs dont la mise au point était bien avancée. Ils diffèrent par la nature du fluide de transfert de la chaleur ou du milieu "refroidissant" et par le cycle de vapeur. En réalité, il y a trois genres d'agents refroidissants: l'eau lourde, l'eau ordinaire ou légère, et un liquide organique. L'eau lourde peut être sous pression pour qu'elle ne bouille pas ou qu'elle bouille légèrement. L'eau ordinaire doit bouillir et prendre la forme de "brouillard" ou de "vapeur humide". Le liquide organique ne doit pas bouillir. Tous les réacteurs, quel qu'en soit le genre, permettent de prévoir un rendement très économique, et il a été décidé de mettre au point celui qui utilise l'eau ordinaire, bouillante, surtout pour deux raisons: 1) si l'on fait passer la vapeur directement à la turbine, on élimine une chaudière ou échangeur de chaleur, et le rendement est augmenté; 2) le second avantage réside dans le fait qu'on n'est pas obligé de surveiller aussi étroitement ni de supprimer les fuites, comme il est nécessaire de le faire avec l'eau lourde à cause du coût et aussi à cause de la toxicité du tritium qu'elle contient. On poursuit dans une certaine mesure la mise au point du système à liquide organique afin d'appuyer, aux termes d'une nouvelle entente conclue avec les États-Unis, leur projet de mettre au point un tel système pour le dessalement de l'eau et pour la production d'énergie.

Ce travail de mise au point consiste, en grande partie, à déterminer les propriétés des matériaux en fonction des conditions difficiles du milieu, telles que les températures élevées et la radioactivité qui affecte les solides et les fluides. Dans les calculs ordinaires des ingénieurs, les trois paramètres: les tensions, températures et temps, obligent à faire des analyses complexes, surtout quand la corrosion et la diffusion atomique sont intenses. Dans les réacteurs, l'irradiation constitue un quatrième et important paramètre. La mise au point de matériaux appropriés exige donc des études approfondies de la part des hommes de science et des ingénieurs.

DOCS

CA1 EA9 R78 FRE

1967 mai

Recherche dans le domaine de  
l'Energie atomique au Canada

55807860

LIBRARY E A / BIBLIOTHÈQUE A E



3 5036 01045549 4