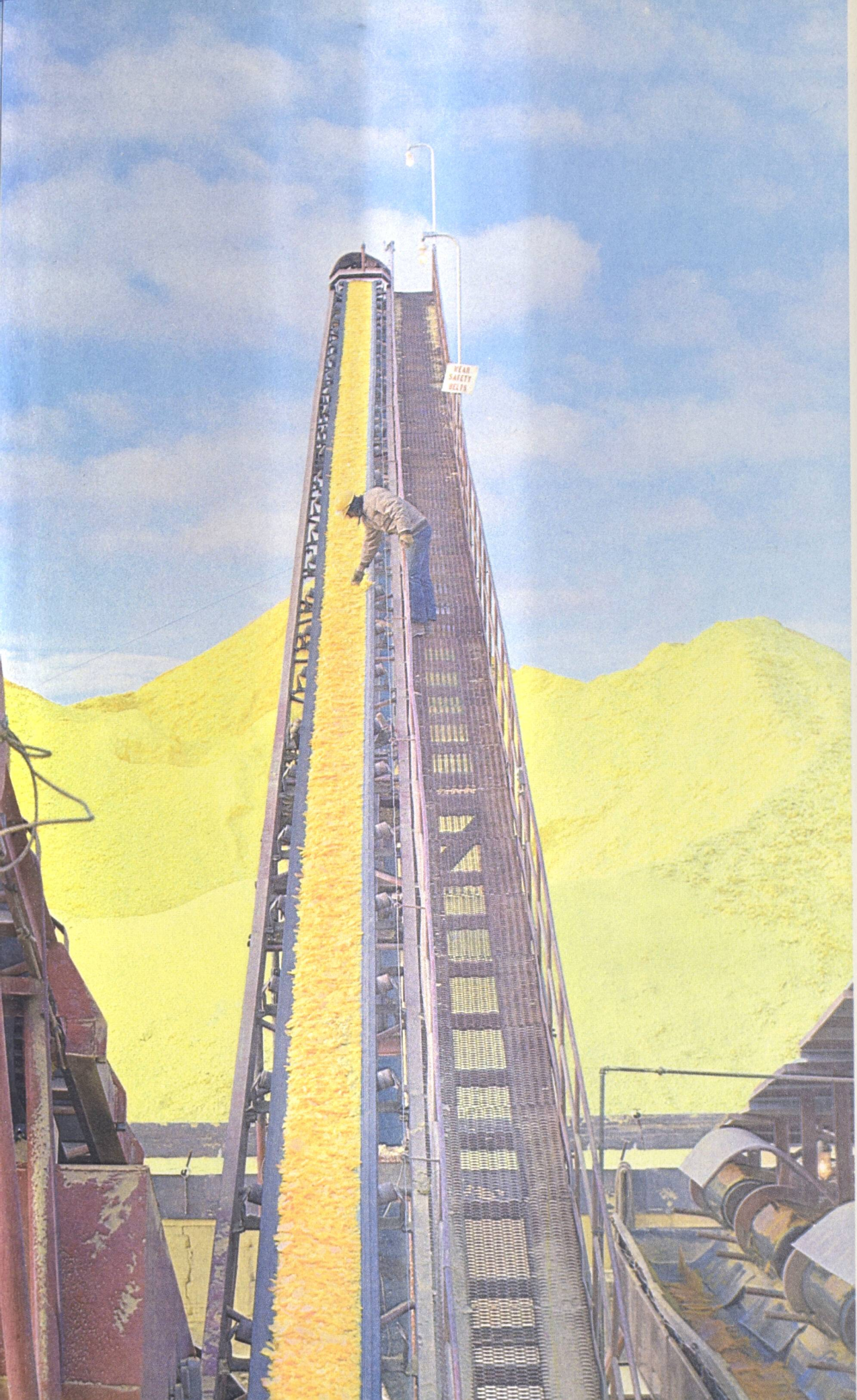




SCIENCE DIMENSION

NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF CANADA • CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA

1972/1

Contents

Volume 4, Number 1, February 1972

Bacteria bug the Bell	4.
Canada's surplus sulphur	10.
Spectral band identified	18.
Laboratory in transition	22.
Antigens and antibodies	28.

Cover: Sulphur in slate form traveling up conveyor belt onto storage pile at the Crossfield, Alberta, plant of Amoco Canada Petroleum Company Limited. Photograph by John Patrick Photographers Limited, Calgary, Alberta.

Photo credits — Pages 10, 11, 12, 13, 14, John Patrick; Pages 15, 16, 17, Southwest Research Institute, San Antonio, Texas.

Science Dimension is published six times a year by the Information Services Office of the National Research Council of Canada. Material may be reproduced with or without credit unless a copyright is indicated. Enquiries should be sent to Science Dimension, NRC, Ottawa, K1A 0R6, Canada. Telephone: (613) 993-9101.

Editor — John E. Bird
Graphics-Production — Robert Rickerd
Photo Editor — Bruce Kane
Writing — Georges Desternes, Claude Devismes, Arthur Mantell, Earl Maser, Joan Powers Rickerd
Distribution — Pierrette Gravelle

Weathering pyrite and bacteria caused a serious heave problem to the basement floor of the Bell Canada building in Ottawa. Photo shows sample of Billings shale before bacterial action; white streaks indicate pyrite intrusions. Story page 4.



L'altération de la pyrite et les bactéries sont à l'origine d'un soulèvement important du sous-sol de l'édifice Bell Canada à Ottawa. On voit ici un échantillon de schiste (formation Billings) avant contamination bactérienne; les rayures blanches correspondent à des inclusions de pyrite (voir article page 5).

Sommaire

volume 4, numéro 1, février 1972

5. Des bactéries s'attaquent à Bell Canada
11. Les surplus de soufre canadiens
19. Bandes spectrales identifiées
23. Laboratoire en mutation
29. Antigènes et anticorps

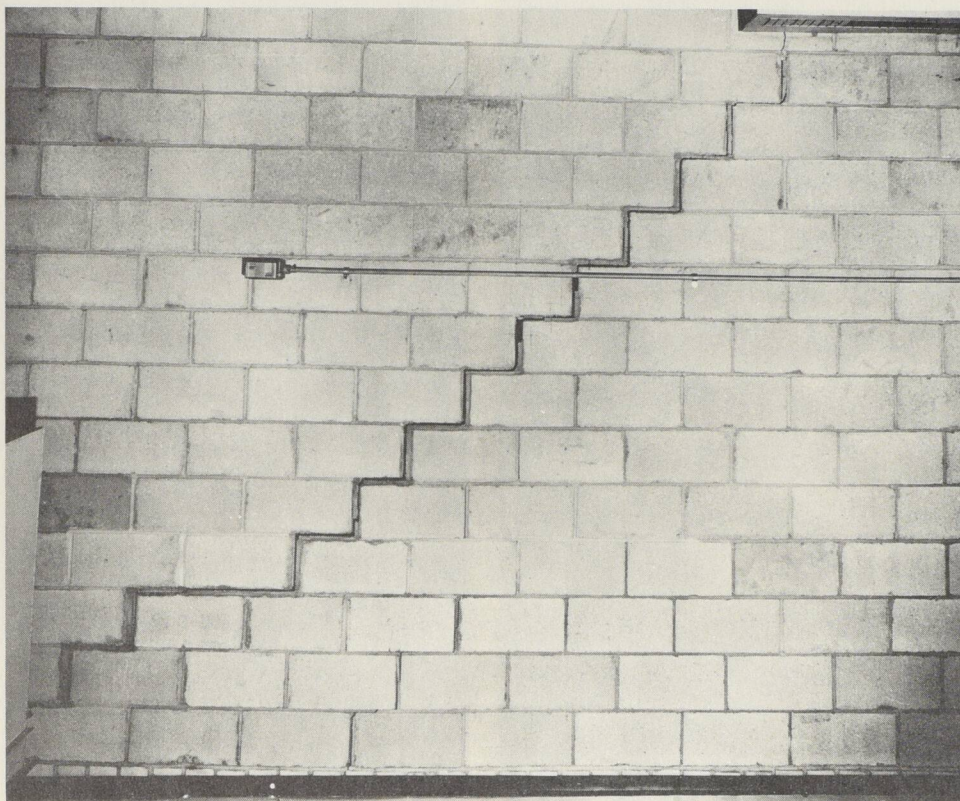
Notre couverture: Les plaques de soufre sont empilées en tas par une bande transporteuse à la compagnie Amoco Canada Petroleum, à Crossfield dans l'Alberta. Photo de John Patrick Photographers Ltd., de Calgary, Alberta.

Autres photos de John Patrick, pages 10, 11, 12, 13 et 14 et photos du Southwest Research Institute (San Antonio, Texas), pages 15, 16 et 17.

Publiée six fois par an par l'Office des Services d'information du Conseil national de recherches du Canada. La reproduction des textes est autorisée sauf indication contraire. Prière d'adresser toute demande de renseignements à: Science Dimension, CNRC Ottawa K1A 0R6, Canada. Téléphone (613) 993-9101.

Rédacteur en chef — John E. Bird
Arts graphiques-Production — Robert Rickerd
Direction de la photographie — Bruce Kane
Textes — Georges Desternes, Claude Devismes, Arthur Mantell, Earl Maser, Joan Powers Rickerd
Distribution — Pierrette Gravelle

Weathering pyrite and *Bacteria bug the Bell*



Heave caused diagonal crack from top to bottom on this non-loadbearing partition wall which had to be freed from the ceiling to avoid damage to the floor above.

le soulèvement a provoqué une fissuration diagonale de cette cloison non travaillante qu'il a fallu dégager du plafond pour éviter que le plancher de l'étage immédiatement supérieur ne soit endommagé.

A black pyritiferous, fissile shale rock some 500 million years old, called the Billings Formation, underlies much of the eastern part of the City of Ottawa. To the west is the Gloucester Fault, a major dislocation in the bedrock structure which trends northwest by southeast, its presence reflected by numerous minor faults.

At the corner of Albert and O'Connor Streets, stands a structure founded on Billings Shale — the Bell Canada building — originally constructed in 1929. A three-storey extension, which passes over a minor fault, was added 10 years ago.

Could such a fault play some role in the nearly four inches of heave the basement floor of the extension has experienced since construction? Could the level of the ground-water table play some part? Or could weathering of the shale together with certain other favorable conditions be responsible?

In 1967, Bell initiated precise level surveys. Since that time, the position of maximum displacement in one area shows heave of 2.04 inches, or 0.07 inch per month. Total heave since construction is 3.72 inches. In another area, the total heave is 2.16 inches and the heave rate during the survey period was 0.02 inch per month. These two heaved locations cover a

floor area of some 2,400 square feet. This space is used for generators, batteries and switching units which power telephone service in Ottawa. Heaving of the floor necessitated continual realignment of equipment and in addition, a non-loadbearing partition wall had to be freed from the ceiling to avoid damage to the first floor.

This unique and serious problem now has been solved by the National Research Council of Canada and results of the research have been made available to the Canadian construction industry. This information will permit similar problems elsewhere in Canada to be resolved, and will also enable the industry to take action during construction to prevent heaving if this is necessary.

When Bell asked NRC to look into the problem in 1968 there seemed to be no apparent explanation for the heave. Since then several other buildings located on shale in the Ottawa area have been found to have problems of heave and are under investigation.

"We didn't know what it was at first either," says W. J. Eden of the Geotechnical Section of NRC's Division of Building Research. "Our first clue came when an excavation was dug for the Vanguard building next door to the Bell on Slater and O'Connor Streets.

In the shale bedrock, we noticed a yellow material which was identified as jarosite, an ochre-yellow or brown mineral. A search of the literature seemed to indicate a biological origin."

The mining industry in the United States had become aware of a similar problem in the 1950s when rapid oxidation of sulphide minerals in coal mines and copper operations was traced to the presence of bacteria. In the early 1960s, operators of mines in the Elliot Lake, Ontario, uranium field observed that mine waters had become acid and contained appreciable concentrations of uranium and ferric iron in solution. The high ferric to ferrous ratio suggested an oxidation reaction more intense than simple air oxidation. Studies showed bacterial activity here as well.

After consultation with Dr. K. C. Ivarson of the Soil Research Institute, Canada Department of Agriculture, who had been involved in the Elliot Lake study, Mr. Eden and his colleagues thought that bacterial activity also might be the cause of the Bell's problem. An exploration pit was dug under the Bell near the point of maximum heave and although the original bedrock was sound black shale, the top 30 inches of the shale was now a completely shattered mass which contained

La compagnie Bell, ses pyrites et ses bactéries



Des tests en laboratoire permettent de mettre en évidence les différences entre un échantillon de schiste altéré provenant de la partie ouest de l'édifice Bell, après un mois d'activité bactérienne (à gauche) et un échantillon de schiste sain (à droite).

Laboratory tests of samples from the West side of the Bell Building show alteration of shale after one month's bacterial activity (left) and an unaltered piece of shale (right).

La plus grande partie du sous-sol de l'ouest de la ville d'Ottawa est constituée de roches schisteuses pyritifères de couleur noire, connues sous le nom de Billings Formation et vieilles de quelque 500 millions d'années. A l'ouest se trouve la faille Gloucester, autre dislocation majeure du socle rocheux, orientée du nord-ouest vers le sud-est et dont la présence est signalée par de nombreuses failles mineures.

A l'intersection des rues Albert et O'Connor s'élève un édifice dont les fondations s'appuient sur la formation schisteuse Billings; il s'agit du bâtiment de Bell Canada construit en 1929. Il y a dix ans, il était complété par une construction de trois étages reposant sur une faille mineure.

Y a-t-il un rapport entre cette faille et le fait que le sous-sol de cette annexe s'est soulevé de près de quatre pouces depuis la construction? Est-ce que le niveau hydrostatique pourrait en être en partie responsable? Ou encore doit-on incriminer l'altération de la pyrite jointe à d'autres conditions favorables restant à déterminer?

La compagnie Bell a décidé, en 1967, de faire des relevés précis des niveaux. Depuis cette date, la position du déplacement maximum à un certain endroit indique un soulèvement 2,04 pouces, soit 0,07 pouce par mois. Le

soulèvement total enregistré depuis la construction est de 3,72 pouces. Dans un autre endroit du bâtiment, le soulèvement total est de 2,16 pouces et il a été au cours des relevés de 0,02 pouce par mois. Les deux zones considérées couvrent une surface d'environ 2 400 pieds carrés. Cet espace est utilisé par des génératrices, des accumulateurs et des groupes de commutateurs assurant le fonctionnement du téléphone à Ottawa. Le soulèvement de la dalle du sous-sol a rendu nécessaire un réaligement constant du matériel et on s'est vu également obligé de dégager du plafond une cloison non travaillante pour éviter que le plancher de l'étage immédiatement supérieur ne soit endommagé.

Ce problème exceptionnel et sérieux a maintenant été résolu par le Conseil national de recherches du Canada et les résultats des recherches ont été communiqués à l'industrie canadienne de la construction. Les données obtenues permettront de résoudre des problèmes similaires qui pourraient se présenter ailleurs au Canada et de prendre des mesures en conséquence.

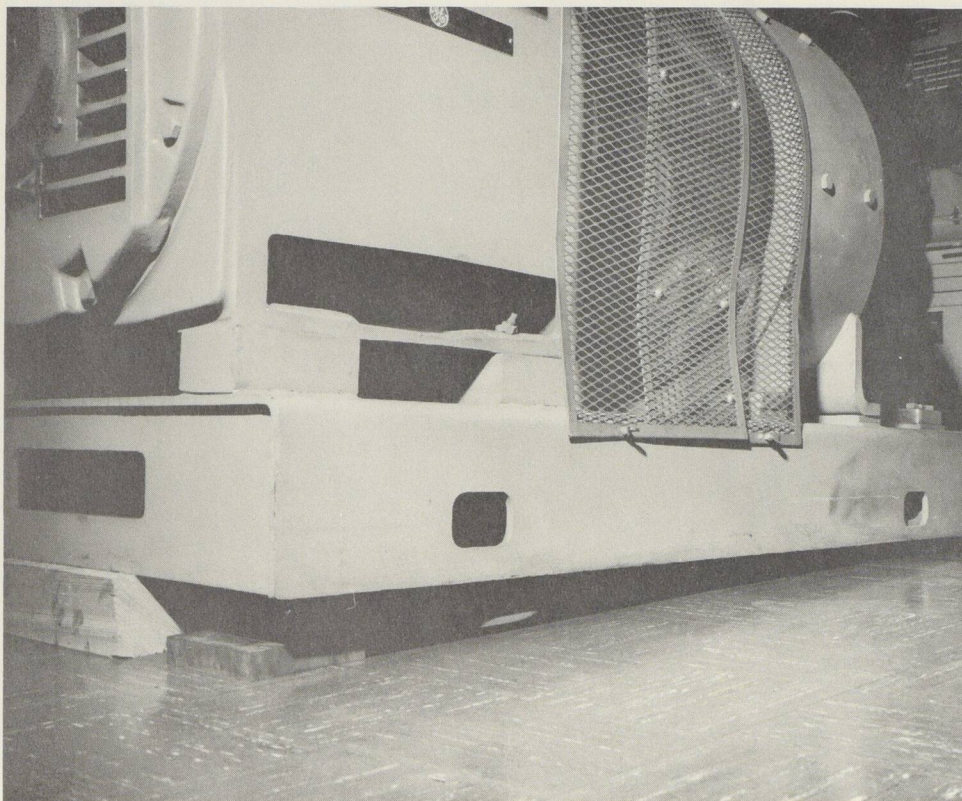
Lorsque Bell a demandé au CNRC d'étudier la question en 1968, aucune explication n'a pu être trouvée. Depuis cette date, les mêmes observations ont été faites sur d'autres bâtiments

construits sur du schiste dans la région d'Ottawa et on cherche aussi à en déterminer la cause.

"Nous ne comprenions pas non plus au début de quoi il s'agissait", nous a dit M. W. J. Eden, de la section de géotechnique de la Division des recherches en bâtiment du CNRC. La première indication nous a été donnée lors des excavations pour la construction de l'édifice Vanguard contigu à celui de la société Bell sur les rues Slater et O'Connor. Nous avons remarqué la présence d'une substance jaune dans le socle schisteux que nous avons identifiée comme étant de la jarosite, minéral de couleur ocre jaune ou brune. Une étude documentaire nous a conduit à penser que cette jarosite a une origine biologique".

L'industrie minière américaine s'est trouvée placée devant un problème similaire au cours des années cinquante lorsque l'on a trouvé que l'oxydation rapide de minéraux sulfurés dans les mines de charbon et lors des traitements du cuivre était due à la présence de bactéries. Au tout début de la dernière décennie, les sociétés exploitant les mines d'uranium d'Elliot Lake, en Ontario, ont constaté que les eaux des mines étaient devenues acides et étaient fortement concentrées en uranium et en fer. La te-

pyrite and bacteria



Two to three inches of heave necessitated realignment of this direct current generator, one piece of equipment used to power telephone service in Ottawa.

Une des dynamos, du réseau téléphonique d'Ottawa, qui a dû être recalée par suite d'un soulèvement du sol de 2 à 3 pouces.

gypsum crystals and was stained yellow. The unaltered shale below the shattered shale had an appreciable content of pyrite.

Oxidation of the pyrite by autotrophic bacteria belonging to the *Ferrobacillus-Thiobacillus* group begins when favorable conditions exist at the surface. The process gradually works down through the shale. Pyrite oxidizes to iron sulphate producing sulphuric acid which reacts with cementing agents such as calcite in the shale. Dissolution of calcite produces gypsum. Another of the compounds is jarosite, the flag indicating bacterial activity. In other words, the shale is taken apart and becomes a new material occupying a larger volume than the original shale rock. Heave of the floor resulted from the expansion of the shale. If allowed to persist, quantities of sulphuric acid as a by product could attack the concrete footings of the building.

Investigation revealed the factors which had enhanced the growth of bacteria. At the fault in the bed rock in that particular zone of the building, the rock was badly fractured leaving it open to the air. Construction records indicated the excavation for the extension had to be pumped continually in 1961, which meant the ground-water

table was high at that time. Since then, however, several new buildings have been built in the neighborhood and a deep sewer has been installed along Queen Street — all drawing down the water table. In addition, the basement of the Bell building is kept at a constant 80 to 85 degree temperature which favors rapid bacterial growth. The preferred environment of these microorganisms appears to be darkness, warmth, a ready supply of air and a strong acidic atmosphere.

"When conditions are right — things can begin to happen rather quickly, since the bacteria can reproduce themselves every seven hours," says Mr. Eden.

To kill the bacteria by disinfecting with poisonous compounds would be too dangerous in a built-up area. A large part of Ottawa depends upon the equipment which occupies the basement floor, so it could not easily be shut down and the heaved area dug out. Replacing or doubling up on equipment would be too expensive and time consuming.

NRC's solution was to change the environmental conditions in which the bacteria thrived and in this way arrest the heave.

In order to change the acid environment to a basic one and raise the

water table in the bedrock to reduce air entry, an observation pit was dug and filled with water. In the early stages of treatment potassium hydroxide was added to the water to help to neutralize the acid conditions more quickly.

It soon became evident that the water was not being lost in excessive quantities through the unaltered shale and appeared to be spreading laterally through the altered shale. A float control device was installed to maintain the water level and potassium hydroxide was metered automatically as required. Weekly surveys showed that the area around the pit was settling slightly and the heave rate at all other points had decreased significantly. The groundwater level had risen a foot-and-a-half.

These results were so encouraging that two more pits were dug in the heaved zone to serve as injection points to get better coverage. Both of these showed about the same depth of altered shale, some 30 inches, but more important, the altered zone was moist, indicating that treatment was spreading laterally through the altered zone from the first treatment pit. The altered shale in the third pit extended in some locations to six feet, the depth of the pit, due to the presence of

... pyrites et bactéries



Photomicrographie, au microscope électronique à balayage, de bactéries provenant du schiste altéré. La zone photographiée a un micron et demi de large.

Scanning electron micrograph of bacteria isolated from the altered shale. Area shown is one and a half microns wide.

neur élevée en oxyde ferrique a donné à penser que l'on se trouvait en présence d'une oxydation plus intense que dans l'air. Les analyses ont confirmé ici encore une activité bactérienne.

Après entretien avec le Dr K. C. Ivarson, de l'Institut de recherches sur les sols, au Ministère canadien de l'agriculture, qui a participé à l'étude du lac Elliot, M. Eden et ses collègues se sont demandés si l'on ne se trouvait pas aussi en présence d'une activité bactérienne dans le cas de la compagnie Bell. Un forage d'exploration a été pratiqué sous l'édifice Bell près du soulèvement maximum et bien que le socle d'origine était constitué de schistes noirs sains, les trente pouces supérieurs de cette formation étaient maintenant réduits à une masse totalement éclatée contenant des cristaux de gypse et tachée de jaune. Le schiste sain sous cette masse désintégrée avait une teneur importante en pyrite.

L'oxydation de la pyrite par des bactéries autotrophes appartenant au groupe ferrobacillus-thiobacillus, s'amorce lorsque les conditions favorables existent à la surface et elle s'étend ensuite graduellement à la couche schisteuse sous-jacente. La pyrite se transforme par oxydation en sulfate de fer donnant à son tour de l'acide sulfurique qui réagit avec des agents de cé-

mentation comme la calcite du schiste, laquelle en se dissolvant donne du gypse. La jarosite est un autre composé dont la présence indique une activité bactérienne. En d'autres termes, le schiste est dissocié et transformé en une autre substance occupant un plus grand volume que la roche schisteuse d'origine, ce qui donne le soulèvement. Si l'on ne mettait un terme par des mesures appropriées à l'accumulation de l'acide sulfurique issu de cette activité bactérienne, cet acide pourrait attaquer les fondations de l'édifice.

Les recherches entreprises ont permis de mettre en lumière les facteurs ayant accéléré la croissance bactérienne. A l'emplacement de la faille dans le socle rocheux de cette zone particulière de l'édifice, la roche était gravement fracturée l'exposant ainsi au contact de l'air. Les dossiers de construction indiquent qu'il s'était avéré nécessaire en 1961 de pomper en permanence l'excavation de la nouvelle annexe ce qui signifie que le niveau hydrostatique était élevé à cette époque. D'autre part, depuis cette époque plusieurs nouveaux bâtiments ont été construits dans le voisinage et un collecteur a été installé à une assez grande profondeur le long de la rue Queen, ce qui a contribué à l'abaisse-

ment du niveau hydrostatique. Il faut ajouter que le sous-sol de l'édifice Bell est maintenu à une température constante de 80 à 85 degrés, température favorisant une croissance bactérienne rapide. Il semble que l'environnement préféré de ces microorganismes soit l'obscurité, la chaleur, une alimentation en air constante et une atmosphère fortement acide.

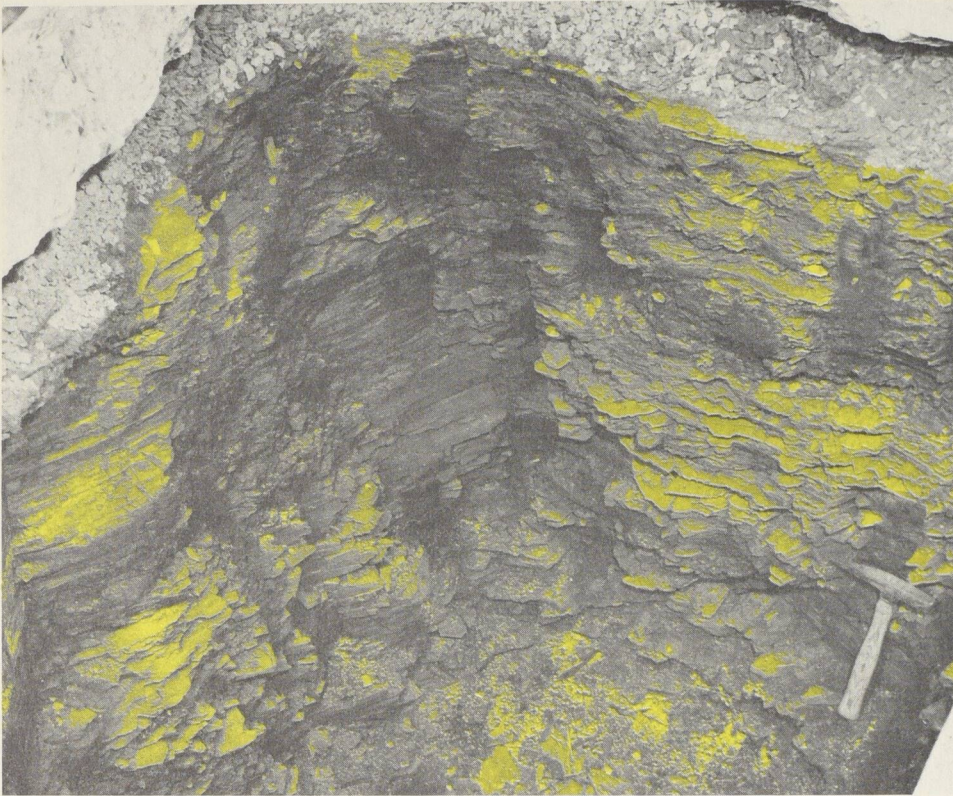
"Lorsque les conditions sont réunies, le processus peut se dérouler très rapidement si l'on sait que les bactéries se reproduisent toutes les sept heures", nous a dit M. Eden.

Dans une zone résidentielle, il serait trop dangereux de détruire les bactéries avec des produits toxiques. Une grande partie des édifices d'Ottawa dépendent de l'équipement qui est installé dans leur sous-sol et il n'est donc pas facile d'envisager d'en interrompre le fonctionnement pour creuser les zones où l'on a constaté un soulèvement. Il serait par ailleurs trop onéreux et laborieux d'envisager de remplacer ou de doubler l'équipement existant.

La solution proposée par le CNRC a consisté à créer des conditions d'ambiance défavorables aux bactéries et ainsi d'arrêter les soulèvements.

Pour supprimer l'acidité de l'environnement, faire monter le niveau hydrostatique et réduire la pénétration

pyrite and bacteria



Pit under the Bell Building shows altered Billings Shale. Yellow areas are jarosite, a flag indicating bacterial activity.

Le schiste altéré de la formation Billings apparaît dans ce puits creusé dans le sous-sol de l'édifice Bell. La jarosite, en réalité de couleur jaune, indique une activité bactérienne.

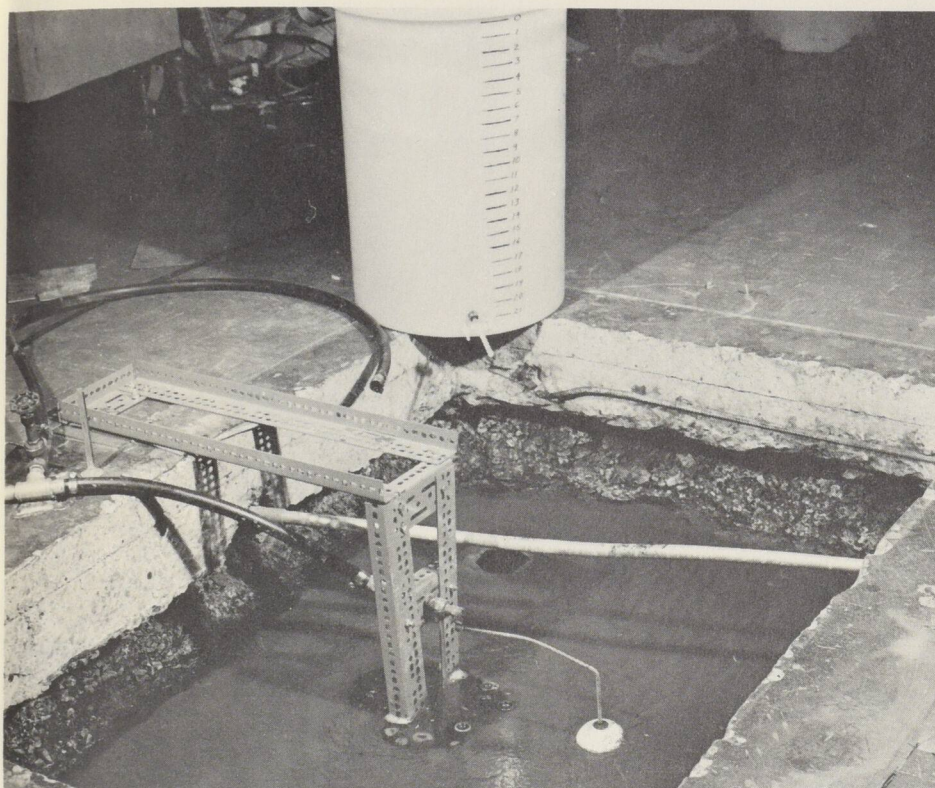
fissures in the fault zone.

After nine months of treatment, heave had stopped in most areas and at the points which still showed some heave, the rate of heave had been greatly reduced. Acid conditions in the observation wells were gradually reduced until a completely non-acidic environment was achieved by the end of a year. The ground-water level was

13 feet below floor level before treatment; treatment brought the level up to within five-and-a-half feet of floor level. The environment now is unfavorable for the growth of the particular bacteria involved in the alteration of the pyrite bedrock. In order to maintain the favorable conditions already achieved, water supply to the pits will be continued on a permanent basis.

"This has been an experimental program all along which has turned out successfully," says Mr. Eden. "But it is only one example of cooperation between government research workers and industry. We hope detailed results published in the Canadian Geotechnical Journal will help the construction industry with this rather unusual problem."

... pyrites et bactéries



Traitement CNRC du schiste altéré. Un régulateur à flotteur assure un niveau d'eau constant dans le puits et le dosage automatique en potasse caustique.

NRC's treatment of altered shale. A float control device maintains the water level in the pit and potassium hydroxide is metered automatically as required.

de l'air, on a creusé un puits d'observation que l'on a rempli d'eau. Au début des travaux on a mis de la potasse caustique dans l'eau pour en neutraliser rapidement l'acidité.

On s'est aperçu très vite que l'eau n'était pas absorbée en grandes quantités par la roche saine et qu'elle semblait s'étendre latéralement dans la roche altérée. Un régulateur à flotteur a été installé pour assurer un niveau d'eau constant dans le puits et une concentration constante en potasse caustique. Des mesures hebdomadaires ont montré que la zone périphérique du puits se tassait légèrement, que le taux de soulèvement ailleurs avait grandement diminué et que le niveau hydrostatique s'était élevé d'un pied et demi.

On a jugé ce résultat si encourageant

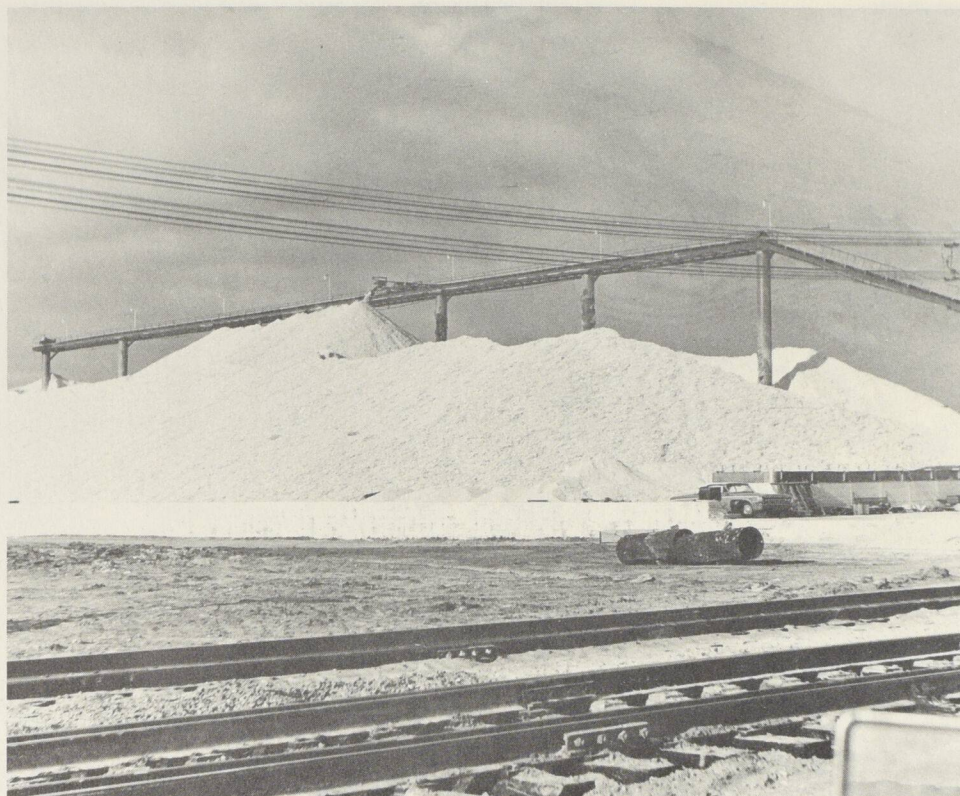
que deux autres puits ont été creusés dans la zone de soulèvement. Ces deux puits ont indiqué que l'épaisseur du schiste altéré était sensiblement la même, soit d'environ trente pouces mais aussi que l'action du premier puits s'exerçait radialement. Dans le cas du troisième puits, le schiste altéré s'étendait par endroits jusqu'à six pieds de profondeur par suite de fissures.

Après neuf mois de traitement, le soulèvement avait été arrêté sur presque toute la surface; ailleurs, le taux de soulèvement avait été très réduit. On est parvenu à réduire graduellement l'acidité dans les puits d'observation pour qu'elle devienne nulle après une année. Le niveau hydrostatique, treize pieds en-dessous du niveau de la dalle avant traitement, était remonté d'au moins sept pieds et demi

après traitement. L'environnement ne présente désormais plus les conditions favorables au développement de la bactérie à l'origine de l'altération du socle pyritique et, pour maintenir ces conditions, il faut que le niveau d'eau dans les puits reste constant.

Et M. Eden de conclure: "Ce programme, qui s'est révélé une réussite, a été conduit de bout en bout comme un programme expérimental mais il ne représente qu'un exemple de collaboration entre des chercheurs des laboratoires de l'Etat et des entreprises industrielles. Nous espérons que les résultats détaillés qui seront publiés dans la Revue canadienne de géotechnique aideront l'industrie de la construction à résoudre ce problème particulièrement inhabituel".

New uses sought for Canada's *Skyrocketing sulphur stockpiles*



Sulphur being piled in slate form at the Crossfield, Alberta, plant of Amoco Canada Petroleum Company Limited.

Plaques de soufre empilées à l'usine de la Amoco Canada Petroleum Company Limited, à Crossfield dans l'Alberta.

Canada's production of sulphur from sour gas has increased from 400,000 long tons in 1960 to 4,300,000 long tons in 1970 for an average growth rate of 28 per cent per year in the last decade. This rate of growth is expected to continue into 1973, but for the balance of the present decade it may be substantially less. Canada is now the world's largest sulphur exporter and will shortly become the largest producer. In 1970 Canada produced 24 per cent of the western world's production of elemental sulphur and captured 37 per cent of the market. Because this sulphur is recovered as a by-product during the purification of natural gas, its production is involuntary and the rate of production is determined solely by the sulphur content, volume of gas being produced and the process efficiency.

The western world's annual consumption of sulphur in all forms is currently 30,000,000 tons and demand is increasing at a rate of four to five per cent per year. Supply exceeds demand to such an extent that Canada is able to sell little more than 50 per cent of its production at the present time. Consequently, it is necessary to stockpile sulphur adjacent to the producing plants. Current inventories are approaching 6,000,000 tons and are pro-

jected at 24,000,000 tons by the end of 1975 or 50,000,000 tons by 1980.

On a world-wide basis, man is currently emitting to the atmosphere an estimated 78,000,000 tons of sulphur per annum. As increasing percentages of this sulphur are recovered under pollution abatement programs, the sulphur surplus situation will be further aggravated. As a result of this surplus of sulphur available to international markets, the selling price of sulphur f.o.b. plant (Alberta) has dropped from a monthly average of \$37.50 per ton in mid-1968 to \$6.41 per ton in July 1971.

In an effort to find ways to put Canada's surplus sulphur to work, the National Research Council of Canada commissioned Dr. Alan Vroom of the Chemistry Department of McGill University to consider new uses for the skyrocketing stockpiles. Dr. Vroom, formerly Research Director with Consolidated Bathurst Limited, submitted an oral report to NRC in June, 1971, and a final report the following November.

His terms of reference were:

"To study and report on the current production and markets for sulphur and their trends, and to investigate and make recommendations on proposals for research and development projects

related to new or expanded uses for sulphur, including hydrogen sulphide and sulphuric acid, that would be likely to benefit the Canadian economy."

(Following publication of the report and consultations involving the Federal Government, the Alberta Government and sulphur producers, the two levels of government announced the establishment of a task force. This body was instructed to prepare proposals for joint Federal-Provincial initiatives in research and development to find additional uses for sulphur. Task force representatives have been drawn from Federal and Provincial Government departments and agencies as well as from sulphur producers. Gordon E. McCormack, Acting Director of the Chemicals Branch, Department of Industry, Trade and Commerce, is the Chairman).

Dr. Vroom's report states that Canada's mounting surplus of sulphur presents a great challenge to establish new markets for the product, particularly through the development of new, high-tonnage sulphur products. A survey of recent sulphur utilization research has indicated a number of new products which might be made commercially with sulphur and used primarily in the construction industry

Nouveaux débouchés pour le soufre canadien



*Blocs de soufre
empilés à Crossfield
dans l'Alberta.*

Sulphur piled in
block form at
Crossfield, Alberta.

La production canadienne de soufre provenant du gaz naturel est passée de 400 000 tonnes longues en 1960 à 4,3 millions en 1970, ce qui donne un accroissement moyen de 28% par an durant la dernière décennie. On s'attend à ce que cet accroissement continue jusqu'en 1973 mais il devrait être appréciablement moins grand durant la présente décennie. Le Canada est maintenant le plus grand exportateur de soufre du monde et bientôt il en sera le plus grand producteur. En 1970, sa contribution à la production mondiale de soufre naturel a été de 24% et il a accaparé 37% du marché. Ce soufre étant récupéré comme sous-produit au cours de la purification du gaz naturel, sa production est involontaire et la vitesse à laquelle on le produit est déterminée uniquement par la teneur du gaz en soufre, par la quantité de gaz tirée du sol et par l'efficacité du procédé de purification.

La consommation annuelle de soufre dans les pays occidentaux, sous toutes ses formes, est actuellement de 30 millions de tonnes et la demande augmente à un taux d'environ 4 à 5% par an. La demande est largement dépassée par la production, au point que le Canada ne peut guère vendre plus de 50% de sa production en ce moment. En conséquence, il est néces-

saire de stocker ce soufre près des usines qui le produisent. Les stocks actuels approchent 6 millions de tonnes et on s'attend à ce qu'ils atteignent 24 millions de tonnes à la fin de 1975 et 50 millions de tonnes en 1980.

On estime qu'à l'échelle planétaire l'homme en rejette annuellement environ 78 millions de tonnes dans l'atmosphère. Quant à la situation créée par les surplus, elle ne peut qu'empirer en raison de l'accroissement continu du volume de soufre récupéré pour lutter contre la pollution. Ces surplus affectant les marchés internationaux, les prix du soufre à l'usine en Alberta sont tombés de 37,50 dollars la tonne vers la mi-1968 (moyenne mensuelle) à 6,41 dollars la tonne en juillet 1971.

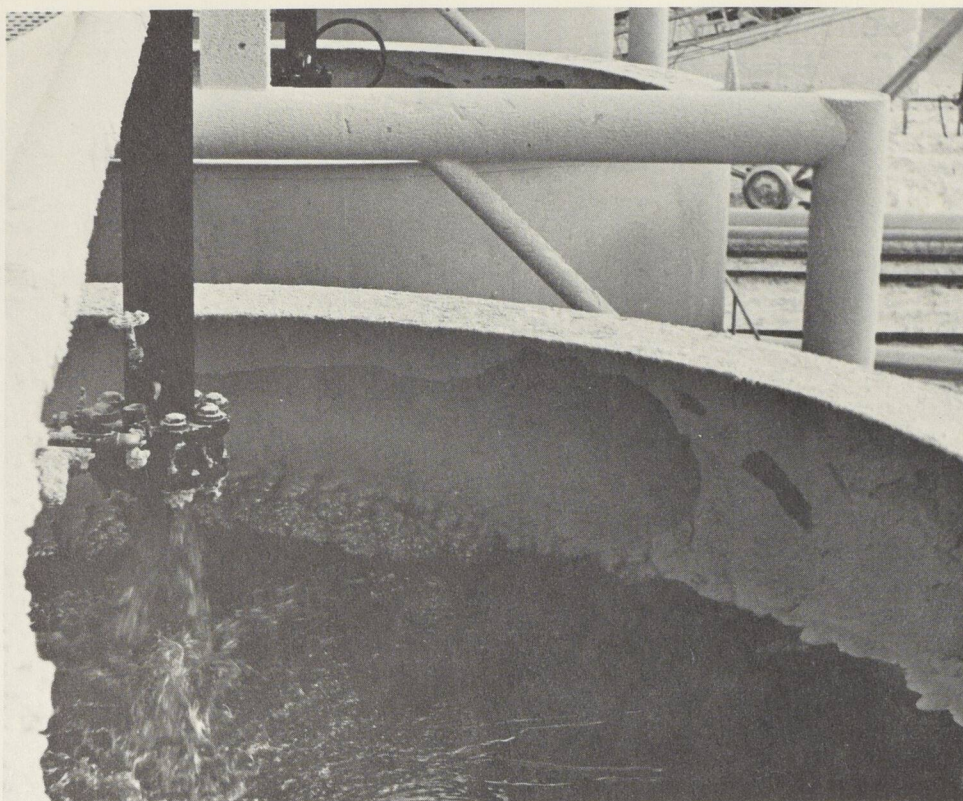
Soucieux d'apporter une solution au problème qu'ils posent, le Conseil national de recherches du Canada a confié au Dr Alan Vroom la mission de trouver de nouveaux débouchés permettant d'absorber les stocks actuels, ceux-ci atteignant des proportions gigantesques. Le Dr Vroom, du Département de chimie de l'Université McGill, après avoir été Directeur de la recherche de la Consolidated Bathurst Limited, a présenté un rapport verbal au CNRC en juin 1971 et un rapport définitif au mois de novembre de la même année. Sa mission consis-

taut à étudier quelle est la production courante du soufre et quels sont les marchés et leur tendance, rendre compte des résultats obtenus, faire des recommandations sur les recherches et le développement à entreprendre en relation avec les nouvelles utilisations du soufre ou celles qui peuvent être développées, parmi lesquelles l'acide sulphydrique, ou hydrogène sulfuré, et l'acide sulfurique et dont l'économie canadienne pourrait probablement profiter.

A la suite de la publication du rapport et de consultations entre le gouvernement fédéral, le gouvernement de l'Alberta et les producteurs de soufre, ces gouvernements ont annoncé la création d'un groupe de travail qui a reçu pour mandat de soumettre des projets se prêtant à une participation conjointe fédérale-provinciale à des travaux de recherche et de développement pour trouver de nouveaux débouchés au soufre. Le groupe de travail sera composé de représentants des ministères et organismes fédéraux et provinciaux et des producteurs de soufre. M. Gordon E. McCormack, Directeur intérimaire à la Direction des produits chimiques au Ministère du Commerce et de l'Industrie, en assurera la présidence. Le rapport du Dr Vroom indique que l'accroissement des stocks de

sulphur stockpiles

Molten sulphur being pumped from gas plant at Crossfield, Alberta, into vats prior to cooling on travelling rubber belts.



A l'usine de raffinage du gaz naturel de Crossfield, dans l'Alberta, le soufre fondu est pompé, envoyé dans des cuves puis sur bandes transporteuses où il finit de se refroidir.

where potential, high-volume markets exist. Example of these are low-cost, rigid foam products with excellent thermal insulation properties; concrete possessing superior strength and resistance to salts, acids and moisture penetration, and sulphur-asphalt compositions possessing advantages for highway paving.

In addition to this challenge, Canada has an opportunity to exploit a new raw material resource, available in exceptional purity (99.99%) and at an unprecedented low price. Further research will undoubtedly lead to many new sulphur-containing products, including polymers and plastics with new and valuable properties. Taken individually, these new products will have little impact on the sulphur surplus but their collective effect could well become significant. Furthermore, the possibilities for establishing new areas of business, better products for society and a favorable effect on the Canadian economy are very real.

Because of the comparatively recent advent of the surplus situation and the even more recent recognition that it will be of long duration, Canadian sulphur producers generally have not yet undertaken extensive in-house research and development programs aimed at sulphur utilization. With cer-

tain exceptions, they lack physical facilities and expertise to engage in such research. A number of the companies, however, have been supporting Alberta Sulphur Research Limited at the University of Calgary, and/or The Sulphur Institute in Washington, D.C. The major sulphur producers now appear to be alert to the need for additional research and, particularly, development. They have also shown interest in the establishment of a cooperative program.

The report recommends that an institute or non-profit company be established for the technical and commercial development of new products from sulphur and that the work of this organization be financed by the sulphur-producing industry and by grants from the Government of Canada and the Government of Alberta. Some support might also be found in the chemical processing, manufacturing and construction industries because of the potential economic benefits to them.

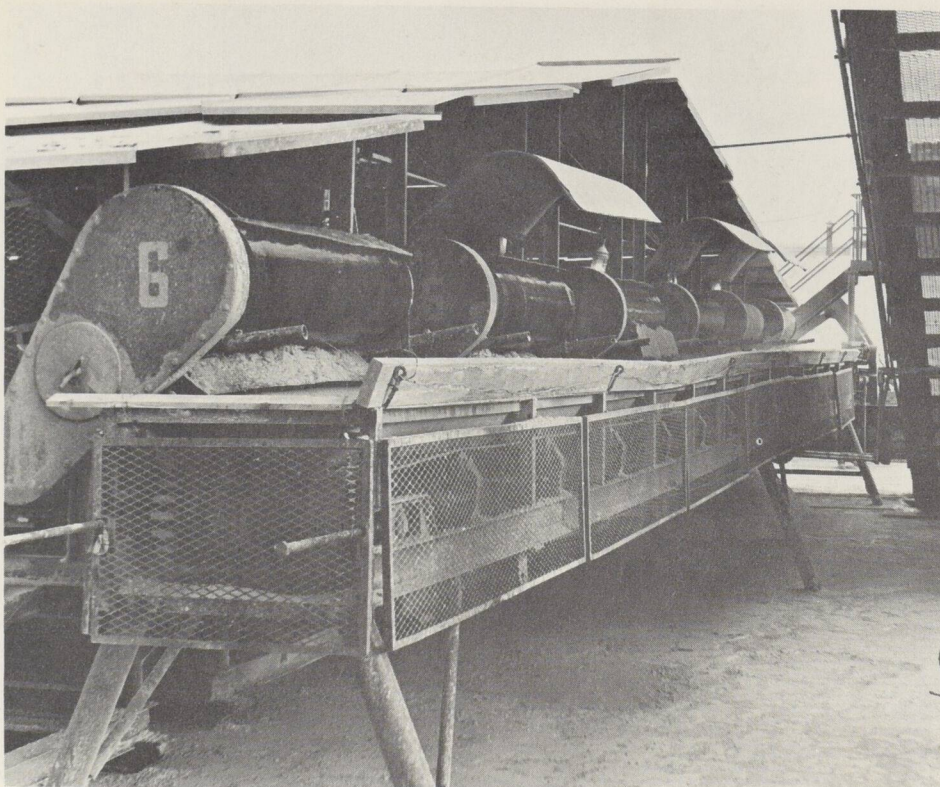
Capital costs for the building and general purpose equipment, excluding land and site preparation, is estimated roughly at \$1,000,000. Annual operating costs, with a total staff of 82, are estimated at approximately \$1,000,000 with additional special project costs including overhead of up to \$1,000,-

000. These special projects would be in the nature of field demonstrations including, for example, trials with sulphur foam insulation on permafrost in Canada's far north. Such projects may require the establishment of temporary field stations for operational and study purposes. These special projects would be funded through separate appropriations in cooperation with outside organizations.

In the initial phase of the program the Institute would farm out different phases of its experimental program to selected laboratories having the necessary space and general facilities required. The project work would be conducted by project teams composed of staff members of the laboratory as well as staff of the Institute. The laboratory would provide the necessary supporting services and be reimbursed by the Institute for out-of-pocket plus overhead costs.

In order to effectively complete the innovation process and establish new markets for sulphur, it is essential to include market analysis and market development activities within the total program. These will provide the necessary market orientation to the technical development program and permit an assessment of the economic feasibility of projects at various phases of devel-

... le soufre ...



*Après s'être refroidi,
le soufre solide
est enlevé
de la bande
transporteuse sous
forme de plaques.*

*After being cooled,
the solidified
sulphur is stripped
from the
travelling rubber
belts in slate
form.*

soufre canadiens nous met dans l'obligation de trouver de nouveaux marchés, notamment en mettant au point de nouveaux produits sulfurés pouvant en absorber des tonnages élevés. Une analyse des recherches récentes pour développer l'utilisation du soufre a montré qu'un certain nombre de nouveaux produits dans la fabrication desquels il peut entrer, ayant une valeur commerciale et déjà utilisés tout d'abord dans l'industrie de la construction, existent et qu'ils constituent des marchés de potentiel intéressant et de grand débit. Comme exemples citons: (a) les produits à base de soufre en mousse rigide, de faible prix et étant d'excellents isolants thermiques; (b) les bétons possédant une résistance mécanique élevée et résistant bien aux sels, aux acides et à l'humidité et (c) les mélanges de soufre et d'asphalte présentant des avantages pour les revêtements des grandes routes et des autoroutes.

Cette obligation donne également au Canada l'occasion d'exploiter une ressource nouvelle sous forme d'un matériau brut d'exceptionnelle pureté (99,99%) et à un prix qui n'a jamais été aussi bas. D'autres recherches conduiront certainement à la découverte et à la mise au point de bien des produits à base de soufre dont des poly-

mères et des plastiques à propriétés nouvelles et intéressantes. Si on les prend individuellement, ces produits auront peu d'impact sur la diminution des stocks de soufre mais leurs effets cumulés pourraient être importants. D'autre part, les possibilités d'ouvrir de nouveaux domaines industriels et commerciaux, de trouver de meilleurs produits pour la société en général, auront un effet favorable sur l'économie canadienne.

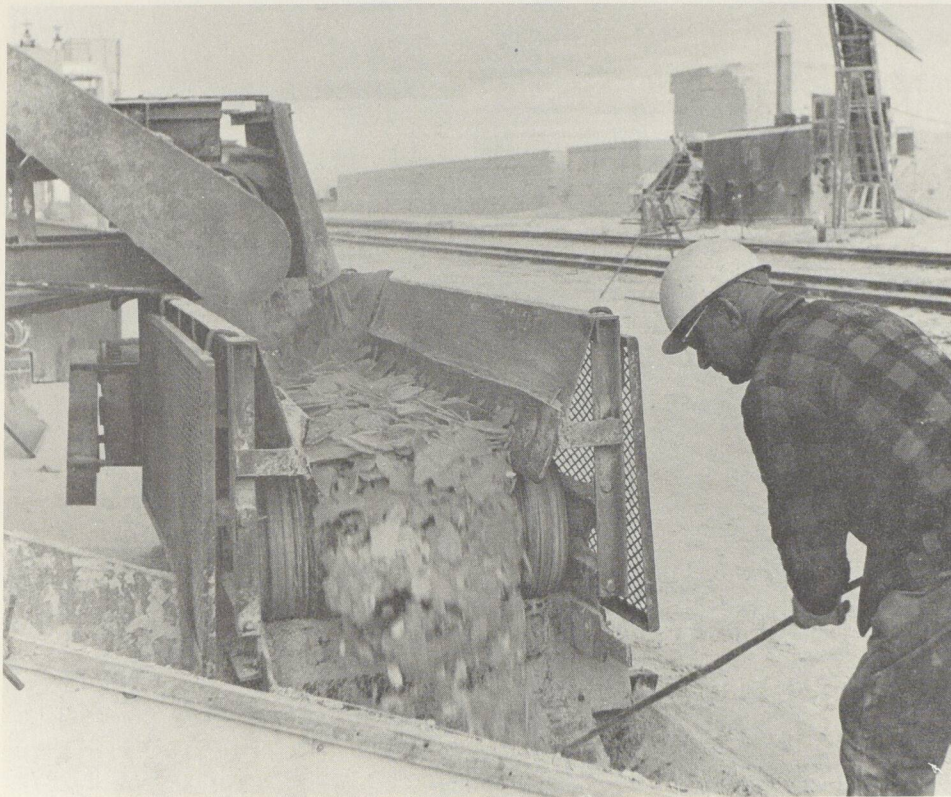
Du fait qu'il y a peu de temps que ces stocks de soufre sont très importants et que l'on ne s'est aperçu que récemment que cette situation durerait longtemps, les producteurs canadiens n'ont pas encore, en général, entrepris de recherches et de développements étendus visant à en développer l'utilisation. Mises à part certaines exceptions, ces industriels n'ont pas d'installations appropriées et un personnel compétent pour s'engager dans ces recherches. Toutefois, un certain nombre de compagnies ont contribué aux travaux de "l'Alberta Sulphur Research Ltd." à l'Université de Calgary et à ceux de l'Institut du soufre de Washington (The Sulphur Institute), aux Etats-Unis. Il semble maintenant que les plus grands producteurs de soufre ont parfaitement conscience de la nécessité de faire des recherches

supplémentaires et du développement. Ils ont également montré qu'ils s'intéressaient à un programme coopératif.

Le rapport recommande que les producteurs de soufre créent un institut ou une société sans but lucratif pour le développement technique et commercial de nouveaux produits à base de soufre et que les travaux de cet organisme soient financés par les producteurs et par des subventions du gouvernement fédéral et de celui de l'Alberta. L'organisme en question pourrait également être alimenté par des fonds provenant des industries chimiques, manufacturières et de la construction, en raison des avantages économiques qu'elles pourraient retirer de ces recherches.

Les capitaux à investir pour le bâtiment et pour les équipements en général, à l'exclusion du terrain et des travaux de préparation du site, sont estimés en gros à un million de dollars. Le coût du fonctionnement annuel pour un personnel de 82 personnes est estimé à environ un million de dollars également et l'on y ajouterait certains coûts pour les programmes spéciaux (parmi lesquels les frais généraux) pouvant atteindre aussi un million de dollars au total. Ces programmes spéciaux revêtiraient la forme de démonstrations pratiques et comprendraient,

sulphur stockpiles



Sulphur in slate form is shown entering the main stacking conveyor belt.

Les plaques de soufre parviennent à la deuxième bande transporteuse qui les monte sur le tas de stockage.

opment, taking into account market potential and possible market penetration. This group will maintain close liaison with sulphur consumers and potential consumers, working with them on field trials of new sulphur products and applications. This research and development program is highly market- and product-oriented. It is aimed at rapid commercial development of new, high tonnage markets for sulphur.

Canada must also recognize its opportunity in developing new industrial enterprises based on sulphur as a chemical raw material and encourage research in sulphur chemistry at universities and research institutes throughout the country. Many Canadian universities and institutes are already engaged in such research and have developed expertise in specific fields.

Dr. Vroom says there is no question about there being sufficient potential new markets for sulphur, on a world basis, to bring sulphur supply and demand into balance, including all of the sulphur which may arise from pollution abatement programs.

Sulphur foam appears to have great potential in a number of applications and the report recommends that high priority be given to development activities in this area. Separate projects are

required to develop products and markets in the areas of highway sub-base (to prevent or minimize frost heaving and lower construction costs); permafrost insulation (to assist construction in and on permafrost); building insulation (roof and wall) and for other uses, castings, moldings, etc. from higher density foams and reinforcing filler materials.

Sulphur concretes will be somewhat more expensive than conventional Portland cement concrete because of higher raw material and pouring cost in most areas. However, they will have many advantages including resistance to acids, salts and solvents, higher strength, lower water penetrability, fast setting, no freezing problems and no need for continuous pour.

The report notes that because of the increasing shortage and higher prices of crude petroleum in North America, the trend is to convert more of the residual asphalt to lighter petroleum fractions than in the past. The net result is that asphalt itself is now coming into short supply and prices are escalating.

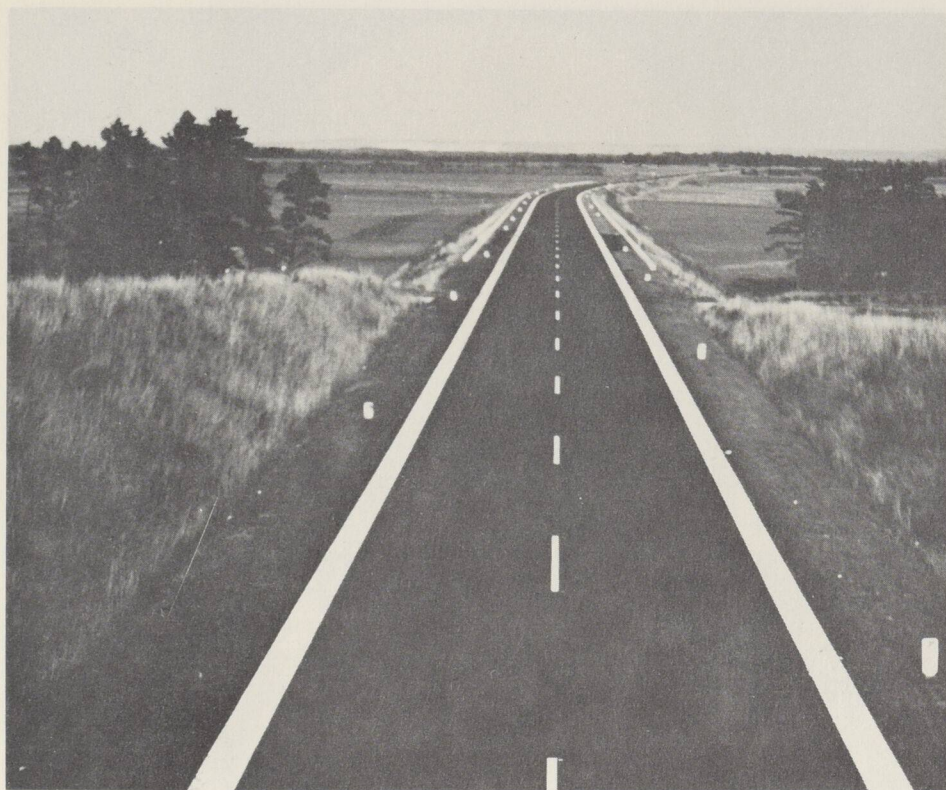
In addition to the use of sulphur in poured concrete structures, sulphur-sand compositions should find use for patching of concrete and asphalt surfaces, a problem of some importance

in Canada where frost heaving and the use of salt for ice melting cause such destruction. On cooling, molten sulphur bonds extremely well to most materials, even to moist surfaces because the high temperature of the molten sulphur causes immediate evaporation of small amounts of water. The report recommends a development project to investigate the potential for sulphur concrete for marine use, northern use, patching of roads and other concrete structures, road construction and resurfacing, and jointing of pre-formed concrete products.

The properties of sulphur make it attractive for the manufacture of pre-formed or molded composite products for a wide variety of uses. It is suitable for both casting and injection molding and, with proper choice of filler materials and plasticizers, should lend itself to extrusion molding. Types of products to be considered would include construction blocks and slabs, tiles, pipes, furniture, etc. Density, strength, machinability, and other properties can be varied at will by the choice of filler, reinforcing and plasticizing materials.

Promising results have been achieved in several countries, particularly France on the use of sulphur-based traffic paints. A development project is recommended with the objective of de-

... le soufre ...



Les peintures à base de soufre, les mélanges de soufre et d'asphaltes et les isolants en mousse de soufre devraient trouver de nombreuses applications dans la construction des routes et des autoroutes.

Sulphur-based paints, sulphur-asphalt mixtures and sulphur-foam insulations are expected to find wide use in highway construction in the coming years.

par exemple, des essais d'utilisation de mousse isolante sur le pergélisol dans le Grand Nord canadien. Ils nécessiteraient la construction de stations temporaires pour les travaux in situ et les études et seraient financés à l'aide de fonds spéciaux avec la participation d'organismes extérieurs.

Au début, l'Institut attribuerait différents domaines de travail expérimental à des laboratoires sélectionnés disposant de l'espace et des installations nécessaires. Les travaux seraient conduits par des équipes composées de membres du personnel du laboratoire et de membres de l'Institut. Le laboratoire assurerait les services de soutien nécessaires et serait remboursé par l'Institut de ses dépenses auxquelles s'ajouteraient les frais généraux.

Pour que ce processus d'innovation soit réellement complet et pour trouver de nouveaux marchés, il est nécessaire que l'analyse et le développement des marchés fassent partie du programme total. Ainsi on disposera pour le programme de développement technique des informations nécessaires sur l'orientation du marché et l'on pourra faire une évaluation des possibilités économiques des travaux aux différentes phases de leur développement en tenant compte du potentiel des marchés et de leur pénétration éventuelle. Ce

groupe travaillera en liaison étroite avec les utilisateurs actuels ou éventuels du soufre et, avec eux, il se livrera à des essais des nouveaux produits dont les applications seront étudiées. Ce programme de recherche et de développement est orienté vers l'obtention de produits présentant un très grand intérêt commercial. On vise à développer rapidement de nouveaux marchés permettant d'écouler de grandes quantités de soufre.

Pour s'assurer que le Canada produira continuellement de nouveaux produits à base de soufre, il est hautement souhaitable que la recherche fondamentale sur la chimie du soufre se fasse dans des universités et dans des instituts de recherche. Bien des universités canadiennes et des instituts sont déjà engagés dans de telles recherches et disposent d'experts dans des domaines particuliers.

Selon le Dr Vroom, il ne fait aucun doute qu'il existe à l'échelle mondiale, — y compris pour le soufre pouvant résulter des programmes de lutte contre la pollution —, de nouveaux marchés en puissance permettant d'équilibrer l'offre et la demande.

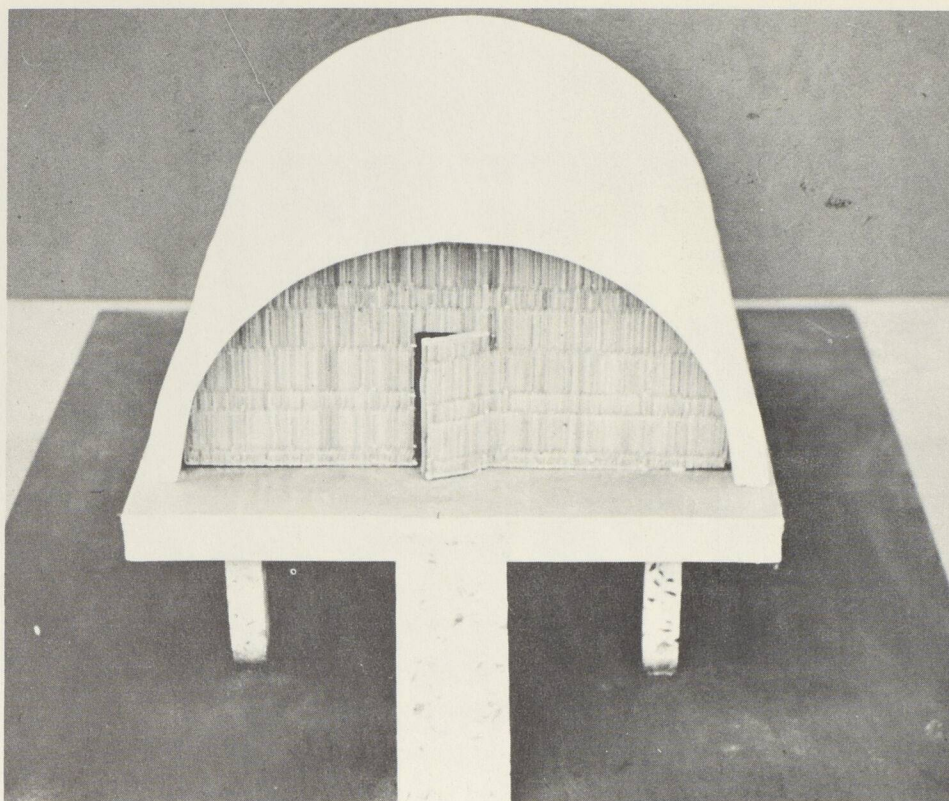
Les mousses de soufre semblent avoir un potentiel élevé pour certaines applications et le rapport recommande de donner une priorité élevée aux

travaux de développements en ce domaine. Des travaux indépendants sont nécessaires pour mettre au point des produits et développer des marchés dans les secteurs suivants: couches de fondation des routes et des autoroutes pour empêcher, ou pour réduire, le boursoufflement résultant de l'action du froid et pour diminuer le coût de la construction; isolement thermique du pergélisol pour faciliter la construction dans les régions à pergélisol; isolement thermique des toitures et des murs et pour d'autres utilisations (coulages, moulages, etc.), de mousses à densités plus élevées et pour renforcer, ou pour remplir certains matériaux.

Les bétons au soufre seront quelque peu plus coûteux que les bétons ordinaires au ciment Portland car le coût du coulage et de la matière première est souvent plus élevé. Les avantages suivants sont toutefois obtenus: résistance plus élevée; résistance aux acides, aux sels et aux solvants; plus grande résistance à l'infiltration des eaux; prise rapide; plus de problèmes résultant du gel; plus besoin de couler en régime continu.

Dans son rapport, le Dr Vroom remarque que par suite de la pénurie croissante et de l'augmentation des prix du pétrole brut en Amérique du Nord, on enregistre une tendance plus

sulphur stockpiles



The Southwest Research Institute is experimenting with the construction of low-cost homes with sulphur compounds for use in developing countries. The roof of the above two-foot square model is a sulphur-foam mixture, while the foundation is a sulphur-concrete compound.

Le Southwest Research Institute expérimente dans la construction de maisons à bon marché pour les pays en voie de développement. Le toit de cette maquette de 2 x 2 pieds est en mousse de soufre et les fondations en béton au soufre.

veloping sulphur-based traffic paints suitable for use under Canada's climatic conditions. In addition, efforts should be directed toward the development of industrial coatings to take advantage of the ability of sulphur to impart acid, salt and solvent resistance, moisture barrier and physical strength.

While much work has already been done on the use of sulphur as an impregnant, the whole spectrum of opportunities to use raw elemental sulphur as well as stabilized polymeric sulphur needs re-examining in the light

of lower sulphur prices, advancements in technology of polymeric sulphur and market potential and possible impact of field demonstrations. The extent of improvement in strength, rigidity and resistance to moisture and acids obtainable by sulphur impregnation of porous materials, such as ceramic and wood products and pre-formed concrete products, is highly significant and a development project, exploratory at the start, appears well warranted.

As the foregoing development projects will require tonnage quantities of

plasticized or chemically-modified sulphur for field trials, a pilot plant will be necessary for the production of this material at a rate of some 500 to 1,000 pounds per hour. An engineering group will be required to select the most desirable process, based on laboratory findings of research groups, to design, build and operate the pilot plant on a semi-commercial basis. This group also will provide central engineering services to the development groups.

... le soufre ...



Maison expérimentale du Southwest Research Institute à San Antonio, au Texas. Une colle liquide à base de soufre, plus solide que le mortier, sert à assembler les parpaings. Elle se solidifie en se refroidissant et sa résistance atteint le maximum en cinq minutes.

Experimental house being built at the Southwest Research Institute, San Antonio, Texas. The walls are concrete blocks bonded with a liquid sulphur composition which is stronger than mortar. It sets as soon as it cools and is at full strength within five minutes.

marquée que par le passé à transformer un volume de plus en plus grand de bitume résiduel en sous-produits légers du pétrole. Il s'ensuit que la production de bitume diminue et que les prix montent.

En plus de son utilisation comme élément entrant dans la composition des bétons, le soufre associé au sable devrait pouvoir servir à réparer les surfaces de béton et d'asphalte endommagées qui constituent un sérieux problème au Canada par suite de l'action conjuguée du soulèvement dû au gel et du sel servant à faire fondre la glace. En refroidissant, le soufre liquide se lie parfaitement à la plupart des matériaux, même aux surfaces humides parce que les températures élevées du soufre liquide entraînent l'évaporation immédiate des faibles quantités d'eau qu'elles renferment.

Nous recommandons d'étudier le potentiel des bétons au soufre dans le domaine marin, dans les régions du nord du pays, pour réparer les routes et autres structures en béton, pour construire les routes et refaire leur surface et pour lier entre elles des composantes en béton préfabriquées.

Les propriétés du soufre en font un matériau intéressant pour la fabrication de produits composites préfabriqués ou moulés offrant une large gamme

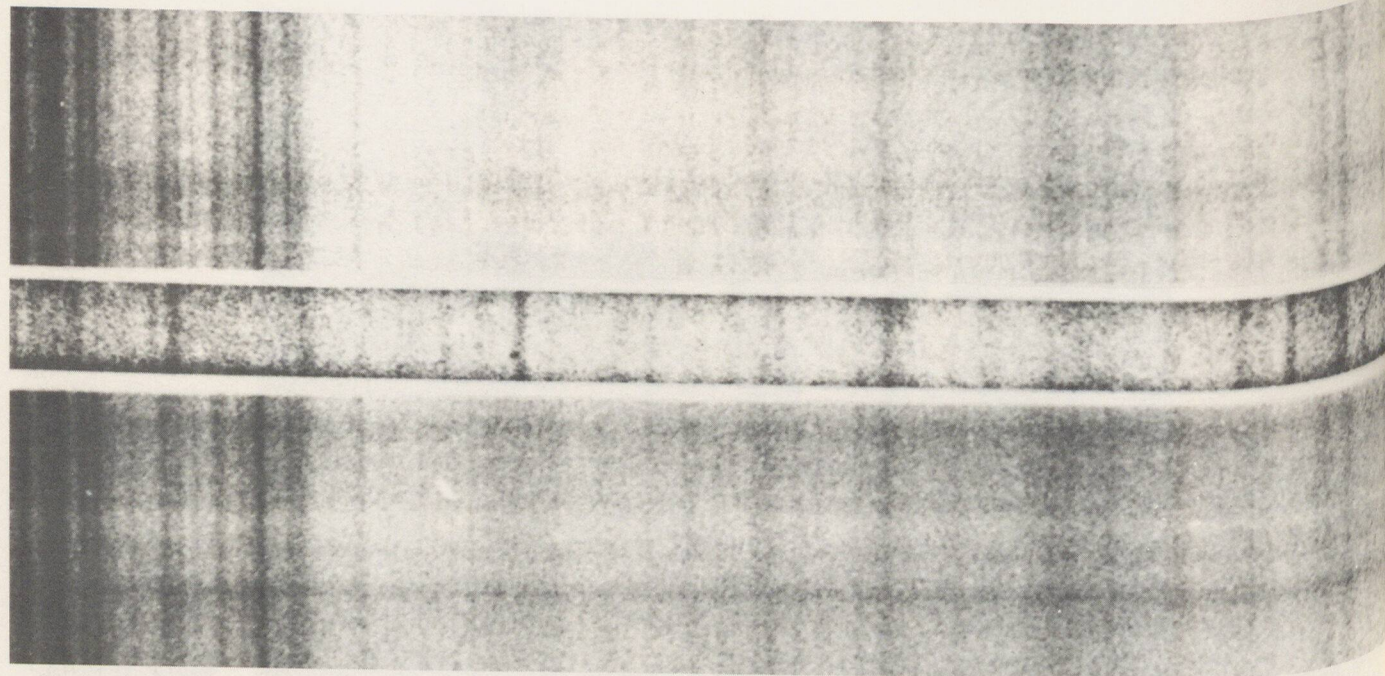
d'utilisation. Le soufre se prête à la fabrication de pièces coulées et au moulage par injection et, avec un choix judicieux de matériaux de remplissage et de plastifiants, il pourrait être utilisé dans le moulage par extrusion. Parmi les produits pouvant en bénéficier, nous citerons: les parpaings pour la construction, les dalles, les plaques, les tuiles, les carrelages, les tuyaux, les meubles, etc. La densité, la résistance, l'aptitude à l'usinage et d'autres propriétés peuvent être modifiées à volonté par le choix des matériaux plastifiants, d'armature et de remplissage. Des résultats prometteurs ont été obtenus avec les peintures routières à base de soufre dans plusieurs pays et particulièrement en France. Un programme de développement visant à mettre au point des peintures routières supportant bien les conditions climatiques du Canada est recommandé. En outre, il serait nécessaire d'essayer de mettre au point des revêtements industriels où l'on exploiterait la résistance du soufre aux acides, aux sels et aux solvants, à l'humidité et sa résistance mécanique.

Quoique bien des travaux aient déjà été faits dans ce domaine, l'ensemble des possibilités de se servir du soufre brut ou du soufre polymérique stabilisé doit être passé en revue à nouveau en

fonction des faibles prix du soufre, des progrès accomplis dans la technologie du soufre polymérique, du potentiel commercial et de l'impact éventuel des démonstrations sur le terrain. Les progrès accomplis pour augmenter la résistance mécanique, la rigidité et la résistance à l'humidité et aux acides, grâce à des imprégnations au soufre de matériaux poreux, sont hautement intéressants et une étude de développements, préliminaire pour commercer, semble être justifiée.

Comme le programme dont nous venons de parler exigera de grandes quantités de soufre, modifié chimiquement ou plastifié, pour des essais sur le terrain, une usine pilote sera nécessaire pour produire ces matériaux à une cadence horaire de 500 à 1 000 livres par exemple. Un groupe d'ingénieurs sera nécessaire pour choisir le procédé le plus intéressant selon les résultats obtenus en laboratoire par le groupe de recherche; ces ingénieurs se baseront sur ces résultats pour concevoir leur usine, la construire et la faire fonctionner sur une base semi-commerciale. Ce groupe assurera également les services techniques généraux pour les groupes de développement.

Uranus, the extraordinary planet Behind an ordinary veil



Comparison of planetary (middle) and laboratory spectra (top and bottom) shows that the Kuiper bands on the spectrum of Uranus are due to methane.

Deep in space, some 1,700 million miles from earth and 900 million miles from its closest planetary neighbor, lies the planet Uranus. Revolving inexorably around the sun at a slow four miles per second, Uranus completes its circuit only every 84 earth years. Barely visible to the naked eye, Uranus appears in telescopes as a small blue-green disc. Because of its remoteness, it displays few identifiable features. In short, a faraway, isolated, slow-moving, almost obscure speck — but a speck which has caused scientists problem after problem.

The planet Uranus was discovered accidentally in 1781 by the astronomer Herschel while scanning the sky with his home-made telescope. At that time he believed it to be a comet but when the object's path was worked out, it became clear that what Herschel had found was not a comet but a planet, lying beyond Saturn. Uranus was the first planet discovered by telescope.

Uranus' path in the heavens presented an enigma. It did not fit the orbit predicted from Newton's laws of motion and the orbital irregularities could well have shaken Newtonian mechanics to its foundations. However, from calculations, scientists decided that the irregularities must be due to an external influence, perhaps the pre-

sence of another planet. They computed where this body must be and, when the great Berlin telescope was turned toward the prescribed spot in 1846, there was the previously undetected planet which is now called Neptune.

The chemical make-up of Uranus posed still more problems, of which two of the more difficult have been solved by scientists at the National Research Council of Canada.

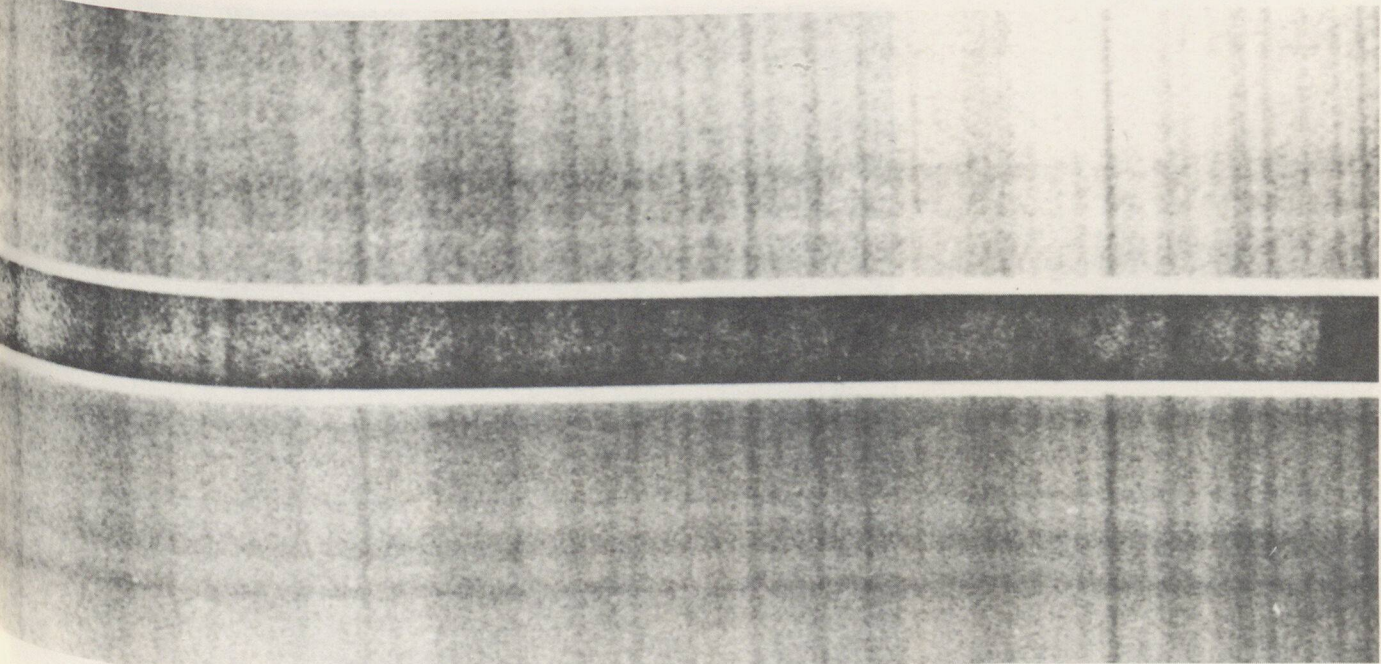
To obtain information on a planet's composition is not difficult in principle; it is a question of directing a telescope equipped with a spectrograph toward the planet, and then, essentially, analysing the sunlight reflected from the atmosphere of the planet. Molecules in planetary atmospheres absorb some of the wavelengths of sunlight; when the rest, the reflected light, is dispersed by a prism, or diffraction grating, and separated into its components, certain dark lines and bands appear on the spectrum — a photographic record of this light. These bands and lines serve as cosmic fingerprints. Their positions on the photographic strip of the spectrum are characteristic and distinctive for each type of molecule, and enable the molecules to be identified — if one can decipher the spectrum by finding out which terrestrial molecules give the same spec-

tral characteristics.

In the late 1940s the American astronomer Gerard Kuiper uncovered two of the thornier problems posed by the composition of Uranus. His spectra of Uranus showed two mysterious features. One was a broad band at 8,260 Angstrom units (this unit abbreviated Å is a measure of wavelength, equal to one ten-billionth of a metre; the "8,260" fixes the band's position in the spectrum). The other was a series of bands, now called the Kuiper bands, located around 7,500 Angstrom units. Which substances were responsible for these features? It took five years to pin down one of them; the other, after 22 years, has just been unmasked. Both were identified by NRC scientists.

At the origin of the diffuse line at 8,270 Angstrom units scientists had suspected molecular hydrogen but they could not make a positive identification. In 1952, Dr. Gerhard Herzberg, 1971 Nobel Laureate in Chemistry and Distinguished Research Scientist at NRC, proved conclusively that this feature was due to this gas. His demonstration consisted in showing that a molecular hydrogen absorption spectrum taken in the laboratory, under high pressure and low temperature had an identical feature.

L'atmosphère d'Uranus, voile banal pour une planète extraordinaire



En raison d'une comparaison d'un spectre planétaire (au milieu) avec des spectres expérimentaux (en haut et en bas), il est évident que les bandes de Kuiper dans le spectre d'Uranus sont dues au méthane.

A quelques 2 700 millions de kilomètres de la terre, et à 1 440 millions de kilomètres de la planète la plus proche, se trouve la planète Uranus. Son année, c'est-à-dire, sa période de révolution autour du Soleil, dure 84 années terrestres. Bien qu'à peine visible à l'oeil nu, cette planète se révèle au télescope, comme un petit disque bleu-vert sans détails précis. Bref, pour l'homme, Uranus n'est qu'un point isolé et presque imperceptible qui se déplace lentement dans un ciel indistinctement éloigné. Mais c'est quand même un point qui n'a cessé de nous poser des problèmes.

Uranus fut découverte par accident en 1781 par l'astronome Herschel. Au moyen du télescope qu'il a fabriqué lui-même, Herschel observa son mouvement et crut d'abord que c'était une comète. Mais les calculs de son orbite laissèrent présumer que c'était une planète, située au-delà de Saturne. Uranus fut la première planète découverte au moyen du télescope.

Autre question troublante: l'orbite d'Uranus. Elle ne s'accordait point avec celle prédite à partir des lois de Newton et, de ce fait, elle a pu finir par mettre en cause le bien-fondé de ces lois. Toutefois, selon leurs calculs, les chercheurs à l'époque attribuaient ces irrégularités plutôt à l'influence

d'un corps céleste situé aux environs de la planète. Lorsqu'en 1846, on pointa le grand télescope à Berlin vers l'endroit où ce corps céleste inconnu devait paraître, on découvrit la planète qui aujourd'hui porte le nom de Neptune.

La composition chimique d'Uranus donna lieu encore à d'autres problèmes dont deux des plus épineux furent résolus par les spectroscopistes du Conseil national de recherches du Canada.

En principe, il n'est pas difficile d'obtenir des données sur la composition chimique d'une planète car il ne s'agit que de diriger le télescope, muni d'un spectrographe, sur la planète et puis d'analyser la lumière solaire réfléchiée par son atmosphère. Or, les molécules de l'atmosphère planétaire n'absorbent que certaines longueurs d'onde de cette lumière et réfléchissent toutes les autres longueurs d'onde. Lorsqu'un prisme ou réseau plan disperse cette lumière réfléchiée, il la décompose en ses longueurs d'ondes constituantes. Par conséquent, là où il y a absorption par les molécules planétaires, des bandes et raies noires apparaissent sur le spectre, c'est-à-dire l'enregistrement photographique de la lumière décomposée. Les raies et les bandes spectrales servent ainsi d'empreintes cosmiques de la matière car

leur position dans le spectre est distinctive et caractéristique pour chaque type de molécule. Donc le spectre permet d'identifier les molécules planétaires — si on peut le déchiffrer. Pour ce faire, il faut connaître les molécules qui donnent les mêmes caractéristiques spectrales sur terre.

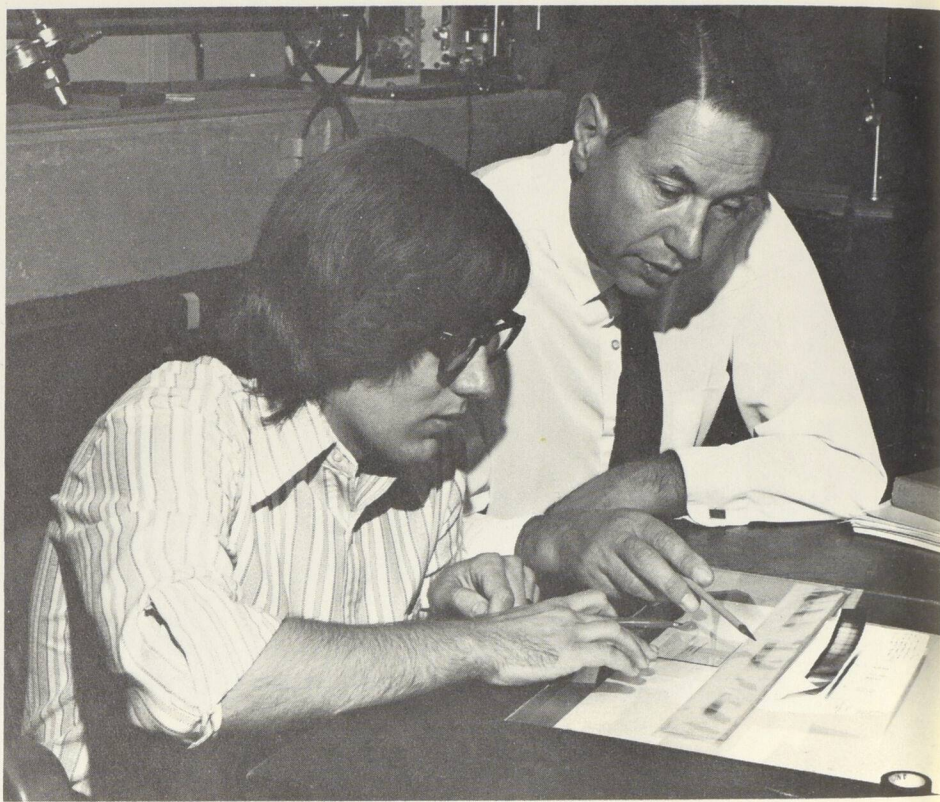
Vers la fin des années quarante, l'astronome américain Gerard Kuiper a posé deux questions au sujet de la composition d'Uranus. Son spectre d'Uranus accusa deux particularités alors inexplicables. L'une était une bande située à 8 260 angstroms (avec cette unité, valant un dix-millième de micron, on mesure la longueur d'onde; donc, le nombre "8 260" sert à situer la bande dans le spectre). L'autre était une série de bandes, dites bandes de Kuiper, se trouvant autour de 7500 Å (angstroms). Quelles substances en étaient responsables? Pour répondre à l'une des questions il fallut cinq ans d'études. L'autre, après être demeurée sans réponse pendant 22 ans, vient d'être réglée. Toutes les deux ont été résolues par des chercheurs du CNRC.

A l'origine de la bande à 8 260 Å, les astronomes soupçonnaient la présence d'hydrogène moléculaire autour d'Uranus sans pour autant pouvoir l'identifier. En 1952, le Dr. Gerhard Herzberg, lauréat du Prix Nobel de

Uranus

Dr. Barry Lutz (left) and Dr. Donald Ramsay compare spectrum of Uranus with that of methane under pressure in the 100-foot absorption tube. The latter spectrum served to positively identify the Kuiper bands.

Le Dr Barry Lutz (à gauche) et le Dr. Donald Ramsay étudient le spectre d'Uranus et celui du méthane sous pression dans le tube d'absorption, long de 33 mètres. Ce dernier spectre servait à identifier les bandes de Kuiper.



The remaining series of bands has been carefully studied at various periods over the last 22 years. In 1967, Tobias Owen, now Associate Professor of Astronomy at the State University of New York, Stony Brook, New York, obtained much improved spectra of Uranus and conducted an extensive laboratory study to identify the mysterious bands. Although he was unable to show conclusively what substance was responsible for the spectral lines around $7,500 \text{ \AA}$, his laboratory work did produce strong evidence in favor of one of the several proposed culprits. It was methane (CH_4), a substance previously detected on Uranus, and already responsible for other bands in this planet's spectrum.

Just one year ago, Dr. Barry Lutz, also of the State University of New York at Stony Brook, rephotographed the spectrum of Uranus on a scale of 11 Angstrom Units to each millimetre of the spectrogram (photographic strip of the spectrum), compared with $37 \text{ \AA/mm}$ for Kuiper and $27 \text{ \AA/mm}$ for Owen. This former Post-Doctoral Fellow at NRC used the Lick Observatory's 120-inch reflecting telescope on Mount Hamilton, California, and mounted an image intensifier on the spectrograph located at the Coudé focus of the telescope.

At Dr. Lutz's request, Dr. D. A. Ramsay of the Spectroscopy Section of NRC's Division of Physics conducted several experiments aimed at reproducing the Kuiper bands on spectra obtained in the laboratory.

This is not a simple task. In the heavens, the sun's rays travel to Uranus, then are selectively absorbed and reflected back almost the same distance from Uranus to the spectrograph on earth. In the laboratory, the atmospheric conditions of Uranus have to be paralleled for the fine features of the spectrum to appear.

How is the planet's atmosphere effectively brought into the laboratory? It could be said that it's all done with mirrors. Scientists set up a long tube containing several mirrors and fill it with the gas they suspect as the source of the bands. White light is directed into the tube and by increasing the length of the tube, the pressure of the gas and the number of times which the light bounces back and forth ("traversals") in the tube, the cosmic conditions can be simulated until planetary and laboratory spectra show the same features.

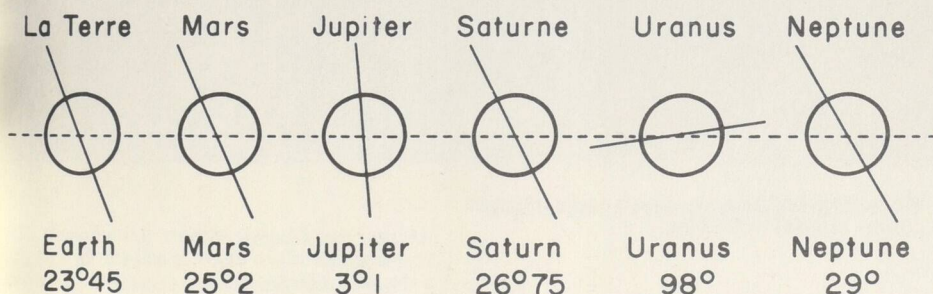
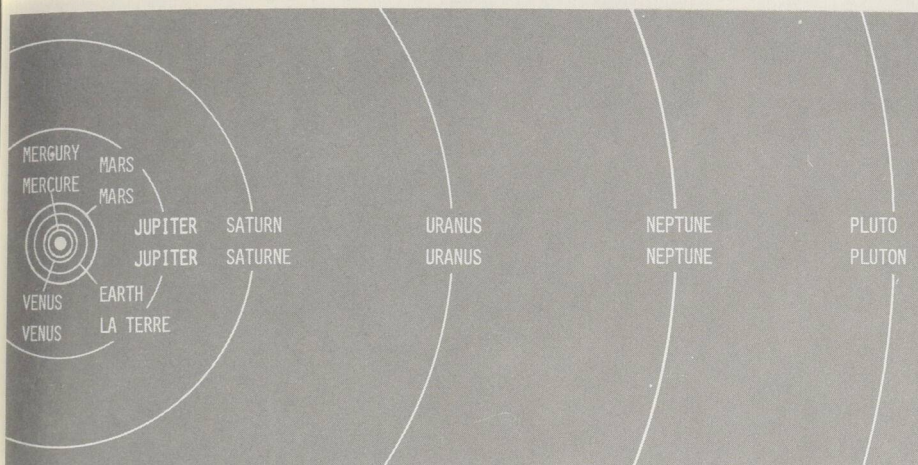
NRC's long-path absorption tube consists of a steel pipe measuring 100 feet (33 metres) in length and 16 inches (46 centimetres) in diameter.

By compressing the gas to two atmospheres and by using 200 traversals, Dr. Ramsay succeeded in lengthening the effective path which the light travelled to 13,200 meter-atmospheres, a path length longer than any previously used.

The NRC long tube was filled with 99.97 per cent pure methane. White light was then focused into it, reflected back and forth many times and then passed into the spectrograph. Here the spectrum was photographed, developed and observed. The Kuiper bands were seen distinctly. A 22 year-old mystery was solved — the Kuiper bands are irrefutably due to methane.

With spectroscopy, scientists have been able to reach across hundreds of millions of miles to examine this secretive planet. For almost a quarter of a century, scientists have attempted to discover what is in the atmospheric veil which shrouds Uranus. Now that this distant and mysterious veil has been analysed and some of its constituents accounted for, the remote planet is seen to consist in large measure of the most basic organic compound, methane, and the simplest compound of all, gaseous hydrogen.

... Uranus ...



En haut, schéma des orbites planétaires.

En bas, à l'encontre des autres planètes, Uranus tourne autour d'un axe situé dans le plan de l'écliptique, c'est-à-dire de l'orbite que décrit la Terre autour du Soleil.

Top — Orbits of planets in the solar system. Bottom — In contrast to the other planets, Uranus rotates on an axis which lies almost in the plane of the ecliptic, the plane of the earth's orbit.

chimie 1971 et "Scientifique de haute distinction" au CNRC, a démontré que cette bande était bel et bien due à l'hydrogène moléculaire en produisant au laboratoire, dans des conditions de haute pression et de basse température, un spectre de cette molécule qui possédait la célèbre bande à 8 260 Å.

Quant à la série de bandes à 7500 Å, en 1967, Tobias Owen, astronome américain, a obtenu des spectres bien plus détaillés d'Uranus et, au moyen d'études poussées, a entrepris au laboratoire d'identifier les bandes mystérieuses. Il ne réussit pas mais ses recherches ont permis de faire ressortir le meilleur suspect: le méthane (CH₄), substance décelée auparavant sur Uranus et déjà responsable d'autres bandes dans le spectre de cette planète.

Il y a douze mois seulement, un ancien stagiaire au CNRC, le Dr Barry Lutz a réussi à photographier le spectre d'Uranus à l'échelle de 11 Å par millimètre du spectrogramme (bande photographique du spectre), par rapport à 37 Å/mm pour Kuiper et 27 Å/mm pour Owen. Pour cela, il s'est servi du télescope de 120 pouces de l'Observatoire Lick en Californie. Le spectrographe, monté sur le télescope, fut muni d'un dispositif spécial pour intensifier l'image.

A la demande du Dr Lutz, le Dr

D. A. Ramsay chargé de recherches principal au Laboratoire de spectroscopie de la Division de physique du CNRC, effectua plusieurs expériences visant à reproduire les bandes de Kuiper à 7 500 Å au laboratoire.

Ce n'est pas chose facile. Dans le ciel, les rayons de soleil sont absorbés par l'atmosphère d'Uranus ou bien en sont réfléchis puis couvrent presque la même distance énorme pour atteindre le spectrographe sur terre. Or, on ne saurait reproduire toutes les particularités du spectre d'Uranus dans les spectres du laboratoire sans y créer des conditions parallèles aux conditions atmosphériques de la planète.

Comment alors en effet reproduire l'atmosphère d'Uranus au laboratoire? D'abord, il faut remplir un long tube du gaz soupçonné responsable des bandes spectrales. Ce tube, dit d'absorption, contient plusieurs miroirs. Ensuite, on y fait entrer la lumière blanche. Alors, en augmentant la longueur du tube, la pression du gaz et la distance totale traversée par la lumière qui est réfléchiée dans le tube par les miroirs, on peut simuler les conditions cosmiques au point où les spectres planétaires et expérimentaux accusent les mêmes caractéristiques.

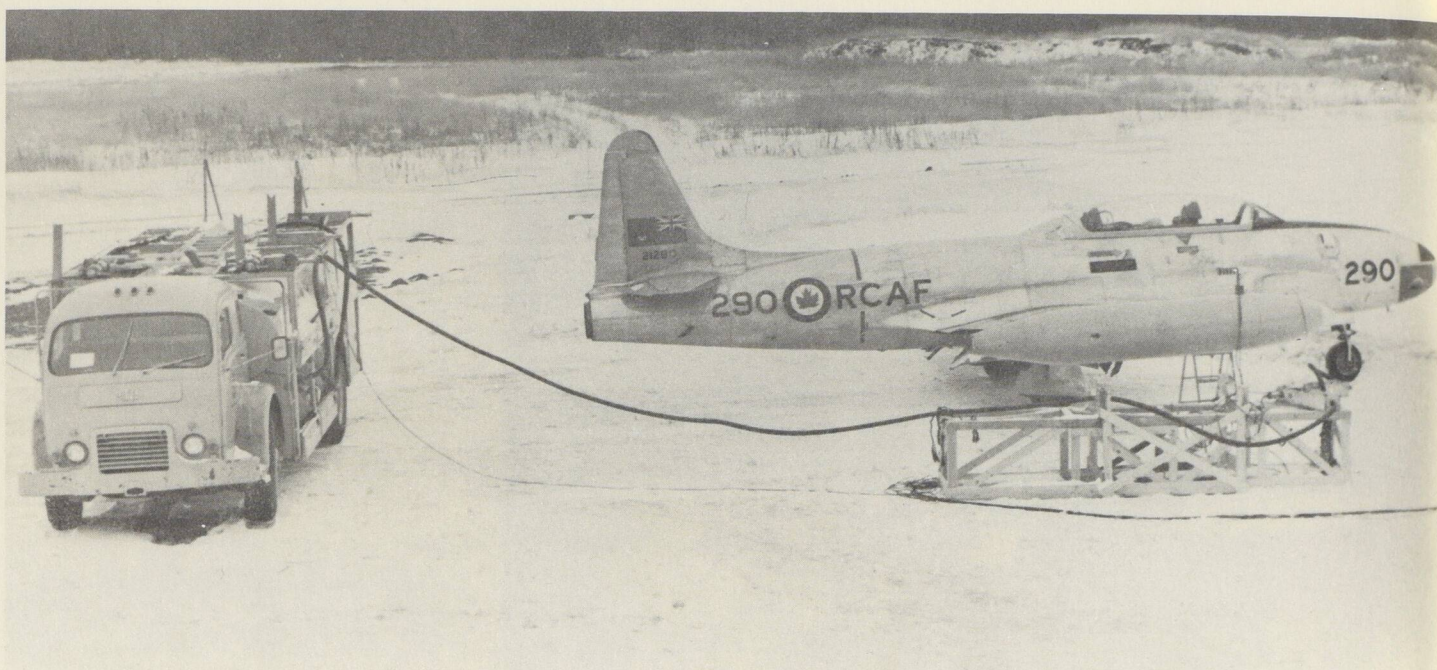
Au CNRC, le tube d'absorption employé lors de ces expériences a 100

pieds (33 mètres) de long et 16 pouces (46 centimètres) de diamètre. Une fois le long tube d'absorption rempli de méthane (pureté 99.97%) à une pression de deux atmosphères, on y a fait entrer la lumière blanche, qui a été ensuite réfléchiée par les miroirs, 200 fois à travers le tube. De cette façon le Dr Ramsay a réussi à allonger le trajet de la lumière jusqu'à 13 200 mètres-atmosphères, distance qui surpasse toutes celles déjà utilisées.

Après les 200 réflexions, la lumière a passé dans le spectrographe, où on l'a photographiée, puis on a observé le spectre. Les bandes de Kuiper y furent bien en évidence. Après 22 ans, il est prouvé irréfutablement que les bandes de Kuiper sont dues au méthane.

Malgré l'éloignement et l'étrangeté d'Uranus, les chercheurs, se prévalant de la spectroscopie, commencent peu à peu à dévoiler ses mystères. Pendant presque 25 ans on a essayé de découvrir la composition de l'atmosphère d'Uranus. Maintenant que c'est fait en grande partie, on voit que cette planète lointaine, mystérieuse, est entourée principalement de méthane, la substance à la base de la chimie organique et d'hydrogène, le composé le plus élémentaire qui soit.

Fuels and lubricants *Laboratory in transition*



Measuring build-up of electrostatic charges during aircraft refuelling.

Mesure de l'augmentation des charges électrostatiques d'un avion pendant le remplissage des réservoirs.

When the Fuels and Lubricants Section of the National Research Council of Canada was formed in 1937, its main function was to serve as a quality control laboratory for petroleum products for the Royal Canadian Air Force. This military commitment grew until, by 1955, the laboratory, a Section of the NRC's Division of Mechanical Engineering, was responsible for setting performance specifications and doing quality control inspections for all military procurements for eastern Canada.

In the intervening years the quality control aspect of the Laboratory's operation has all but disappeared. Under the direction of Dr. R. B. Whyte, the Fuels and Lubricants Laboratory has become a consumer-oriented facility. Emphasis has shifted from routine quality control operations towards consumer products testing and a research program designed to help users of liquid fuels and all types of lubricants to obtain maximum performance.

This tack has carried Dr. Whyte and his 27-member staff into some strange situations. The 47-year-old chemist says that his Laboratory on several occasions has been asked to test devices designed to improve an automobile's performance. On four occasions the tests showed that the

devices failed to perform as advertised.

These are examples of the Laboratory's public involvement. While still relatively rare, they are nevertheless on the increase as the Laboratory strives to place greater emphasis on the solution of practical problems, particularly those of importance in the Canadian context.

The Laboratory itself is divided into five main areas of responsibility. One section covers Tribology, a recently-introduced word that encompasses the study of the science and the practice of friction, lubrication and wear. A variety of fundamental studies have been carried out. One involves lubricant deformation and flow; another a study of the mechanism by which ball bearings and roller bearings operate so effectively; a third is the development of theoretical models to explain the magnitudes of temperatures generated at sliding contacts and the manner in which the friction of thin solid lubricant films is related to the thickness of the film and the roughness of the surfaces.

More practically, in this area the Laboratory is investigating the wear and deformation occurring in shotgun barrels when using "softened" iron shot instead of the conventional lead

shot. The latter creates an environmental problem since bottomfeeding waterfowl ingest spent lead pellets and die from their toxic effect. (An estimated 6,000 tons of lead is deposited annually in North American hunting areas by hunters). The development of iron pellets that would rust away harmlessly was seen as one solution by the Canadian Wildlife Service. However, iron pellets by their hardness wear away the choke in gunbarrels and destroy the shot pattern. To date the softening of iron for pellets has posed considerable manufacturing difficulties. However, the next series of laboratory experiments is expected to produce an acceptable iron shot, Dr. Whyte predicts.

A good example of lubrication problems brought to the Laboratory by Canadian industry is that of an electronics firm whose customers were complaining that the firm's small servomotor bearings used in computers and control mechanism systems in aircraft were failing prematurely. The failure was traced to storage. The bearings are lubricated for life and sealed. It was found that, after long periods on storage shelves awaiting installation, oil crept out of the bearings. After installation this oil loss brought on early bearing failure, caus-

Réorientation du Laboratoire des combustibles et lubrifiants



Ottawa buses used in engine study.

Autobus d'Ottawa participant aux tests.

A sa création en 1937, le Laboratoire des combustibles et lubrifiants du Conseil national de recherches du Canada avait reçu pour principale mission de jouer le rôle de laboratoire de contrôle de la qualité des produits pétroliers destinés à l'aviation militaire canadienne. Cet aspect militaire des activités de cette section relevant de la Division de génie mécanique du CNRC s'est accru jusqu'en 1955, date à laquelle elle a été chargée d'établir des normes et de procéder à des inspections de contrôle qualitatif pour toutes les fournitures militaires de la zone est du Canada.

Au cours des années qui ont suivi, le laboratoire a consacré une part de moins en moins importante de ses activités au contrôle de la qualité. Sous la direction du Dr R. B. Whyte, le laboratoire est devenu un organisme œuvrant avant tout dans l'intérêt du consommateur. L'ordre de priorité est passé du contrôle de routine de la qualité à l'essai des produits de consommation et à un programme de recherche visant à aider les utilisateurs de combustibles liquides et de tous types de lubrifiants à obtenir un rendement maximum.

Cette nouvelle orientation a eu pour conséquence de placer le Dr Whyte et les 27 membres composant son person-

nel dans des situations spéciales. Ce chimiste de 47 ans nous a confié que l'on avait demandé à plusieurs reprises à son laboratoire d'examiner des dispositifs devant améliorer, en principe, les performances des automobiles. Dans quatre des cas soumis, les essais ont montré que les performances des dispositifs en question ne correspondaient nullement aux promesses de la publicité.

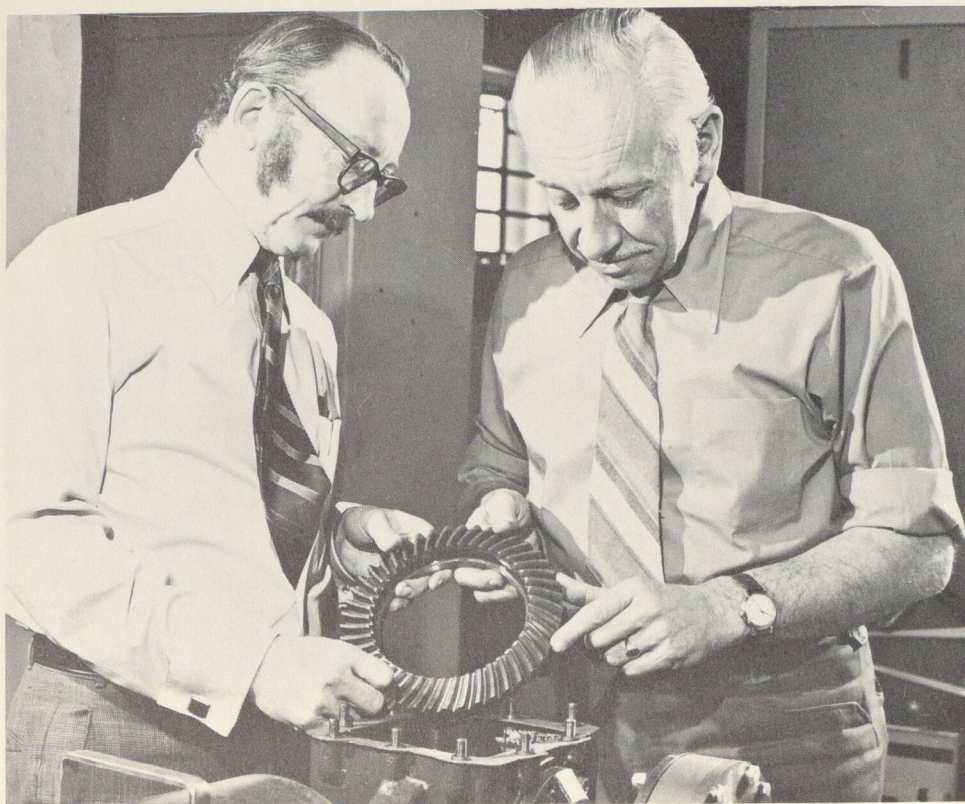
Ce sont là quelques exemples de notre participation à l'étude de questions intéressant directement le consommateur mais bien qu'elles soient encore relativement rares, ces fraudes augmentent néanmoins à un moment où le laboratoire accorde une importance plus grande aux solutions de problèmes pratiques et particulièrement à celles présentant une importance dans le contexte canadien.

Le laboratoire proprement dit est divisé en quatre sections principales. La première couvre la tribologie, nom récemment donné à l'étude du frottement sur les plans théorique et pratique, du graissage et de l'usure. Un certain nombre d'études fondamentales ont été faites. Parmi celles-ci, nous mentionnerons la déformation et l'écoulement des lubrifiants, l'étude du mécanisme grâce auquel les roulements à billes et à galets fonctionnent si

efficacement; une troisième étude couvre la mise au point de modèles théoriques pour expliquer les températures élevées se produisant aux surfaces de glissement et la relation entre le frottement d'une part et l'épaisseur du film de lubrifiant et les rugosités de surface, d'autre part, dans le cas de films de lubrifiants solides.

Sur un plan plus pratique dans ce domaine, le laboratoire étudie l'usure et la déformation qui se produit dans les canons de fusils de chasse lorsque l'on se sert de grains en fer doux au lieu de plombs ordinaires qui, d'ailleurs, présentent un problème sur le plan écologique du fait que le gibier d'eau ingère le plomb des cartouches et en meurt par empoisonnement (la quantité de plomb répandue annuellement en Amérique du Nord sur les terrains de chasse est estimée à 6 000 tonnes). La mise au point de cartouches à grains de fer s'éliminant sans danger sous l'effet de la rouille est une des solutions à laquelle le Service canadien de la faune a pensé. Ils ont cependant un inconvénient car par suite de leur dureté ils usent les canons des fusils et perturbent le cône de dispersion de la charge. Jusqu'à ce jour l'adoucissement du fer utilisé dans la fabrication de ces grains a posé des problèmes de fabrication considérables. Le Dr Whyte

fuels & lubricants



M. J. Friend (left) and Dr. R. B. Whyte examine gears to evaluate the properties of an automotive gear lubricant. Opposite page — Stand for shotgun firings to establish wear rates with different types of shot.

Photo de gauche: M. J. Friend (à gauche) et le Dr R. B. Whyte examinent un engrenage pour évaluer un lubrifiant.

Photo de droite: Montage d'essai d'armes à feu servant à déterminer l'usure des canons en fonction de la nature des "plombs".

ing high costs in removal and reinstallation. An NRC in-house research program to investigate specialized lubricants is currently underway.

Analytical functions are performed by the Physical and Chemical Laboratory Section. Currently it is conducting a research program into field methods for the quality control of petroleum products and for exhaust gas analysis. A second program is concerned with the evaluation of used oils from gasoline, diesel and aircraft engines by a variety of standard and novel methods in relation to engine condition, oil and filter change periods.

In the latter study, one example has the Laboratory working in co-operation with the Ottawa Transportation Commission. Next year the laboratory expects to see about 12 bus engines come in for evaluation after having run 150,000 miles using the same grade of oil but with different oil and filter change periods. Some engines will have been running as much as 25,000 miles between oil changes. (There is a theory that, since these diesel buses use a quart per day, the oil is changed, in effect, once a week and there may not be any reason for the standard oil change each 5-6,000 miles).

The evaluation of engine and gear oils is conducted in the Performance

Laboratory Section of the Fuels and Lubricants Laboratory. Here a variety of engines and rigs simulate as closely as possible the most severe aspects of field operation. Single and multi-cylinder engines are used to check the performance of gasoline, diesel and aircraft piston engine oils. Rigs are available for all types of greases, automotive gear oils, steam turbine oils and aircraft engine synthetic oils, for estimation of their load carrying ability, thermal and oxidation stability and rust protection. A constant updating and correlation of Laboratory methods with field performance is carried on.

In this area a recently-initiated test involves a snowmobile engine. The first serious test runs have been made in an effort to distinguish the effectiveness of various oils in keeping pistons clean. The project is a cooperative one between the Laboratory and an oil company which wants to know, among other things, whether the current gas-oil fuel mixture ratio of 20-1 can be changed to 40-1 yielding advantages in economy of operation and reduction of pollutants in exhaust emission.

The Fuels Section deals mostly with the handling of liquid fuels and other fluids, particularly those used in aviation. Recent work has been concentrated on filtration and cleanliness

together with the use, estimation and effectiveness of various fuel additives.

Dr. Whyte is particularly proud of one piece of work done with aviation fuels. Anti-icing fuel line heaters are used on most aircraft today to prevent fuel line freeze-ups. Military aircraft, because such heaters consume power, do not make use of them. They rely on additives to keep fuel lines open and low additive levels can be critical. In the field there is a need for some way of detecting quickly the amount of this additive present in the fuel and the Fuels and Lubricants Laboratory has developed a simple technique for this estimation. It is currently being evaluated by various national air forces and Dr. Whyte sees some hope that it may have a commercial aviation application.

A recently-completed study had to do with solving the problem of carburetor icing in piston engine aircraft. Aircraft engines under 100 horsepower are particularly affected when they run into high humidity. Super-cooled droplets of water hit the throttle plate and form an ice coating that is quite adherent. The study recommends carburetor icing may be avoided by the coating of carburetor parts with teflon, letting additives handle fuel line icing.

Combustion research is along two



a toutefois bon espoir que la prochaine série d'expériences du laboratoire permettra d'obtenir un grain de fer satisfaisant.

Comme exemple de problèmes de lubrification soumis au laboratoire par l'industrie canadienne, nous citerons celui présenté par une firme d'électronique ayant reçu des doléances de clients se plaignant de l'usure prématurée de petits roulements de servo-mécanismes utilisés dans des ordinateurs et dans les mécanismes de commandes des avions. On a pu attribuer la défaillance de ce matériel aux conditions de stockage car, en effet, les roulements sont graissés une fois pour toutes et placés dans un emballage scellé. On a découvert qu'après de longues périodes de stockage avant utilisation l'huile s'en échappait. Après l'installation, cette perte d'huile a entraîné une usure prématurée du roulement et, partant, des frais élevés de démontage et de réinstallation. Des recherches sont actuellement en cours au laboratoire pour mettre au point des lubrifiants spéciaux.

La section de physique et de chimie du laboratoire est chargée des analyses et travaille actuellement à un programme de recherche visant à mettre au point des méthodes de contrôle qualitatif de produits pétroliers et pour

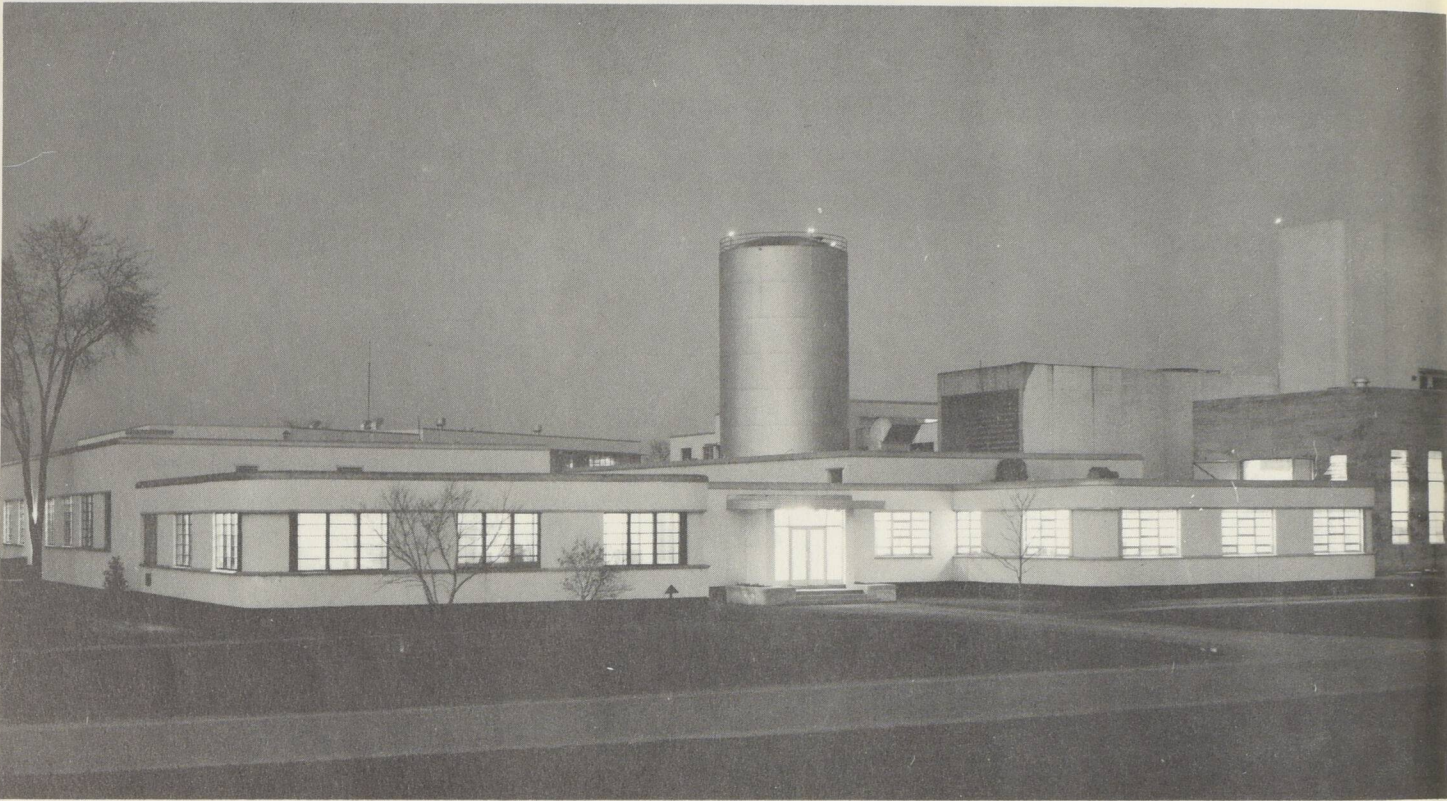
l'analyse des gaz d'échappement. Un deuxième programme couvre l'évaluation des huiles ayant déjà servi dans les moteurs à essence, dans les moteurs Diesel et dans les moteurs d'avions, au moyen de méthodes habituelles ou nouvelles, en fonction de l'état du moteur et de la fréquence des changements d'huile et de filtres.

Le laboratoire a été amené, dans le cas de cette étude, à collaborer avec la Commission des transports d'Ottawa. Douze moteurs d'autobus ayant parcouru 150 000 miles avec la même qualité d'huile mais avec des fréquences de changements d'huile et de filtres variées doivent en principe être soumis au laboratoire l'année prochaine pour examen. Certains de ces moteurs auront parcouru jusqu'à 25 000 miles entre les changements d'huile (il existe une théorie selon laquelle l'huile est en fait changée une fois par semaine si l'on tient compte que ces autobus Diesel en consomment environ un litre par jour et il n'y a donc peut-être pas lieu de faire une vidange tous les 5 à 6 000 miles).

L'évaluation des huiles de moteurs et de graissage se fait dans la section d'évaluation des performances du Laboratoire des combustibles et lubrifiants. On y dispose de toute une gamme de moteurs et d'installation

permettant de simuler aussi étroitement que possible leur utilisation dans les conditions les plus rigoureuses. Des moteurs mono et multicylindres sont utilisés pour vérifier les performances des huiles des moteurs à essence, Diesel et d'aviation. Des bancs d'essais permettent d'évaluer les caractéristiques des charges, la stabilité sous les actions thermiques et oxydantes et la protection contre la rouille dans le cas de tous les types de graisses, d'huiles de transmission pour véhicules automobiles, d'huiles de turbines à vapeur et d'huiles synthétiques d'aviation. On procède à des révisions et à des confrontations fréquentes des méthodes de laboratoire avec les performances dans les conditions d'utilisations réelles.

Dans le cadre de ces travaux, on vient de créer un nouveau test pour un moteur de motoneige. Les premiers essais sérieux ont été faits dans le but d'établir une distinction entre les différents degrés d'efficacité de divers types d'huiles quant à leur aptitude à assurer la propreté des pistons. Ce programme fait l'objet d'une collaboration entre le laboratoire et une compagnie fabriquant des huiles de moteurs; on désire savoir notamment si le rapport de mélange de l'essence à l'huile utilisé actuellement et d'environ



main avenues of exploration. The first is producing fundamental design data for a small (2,000 pound thrust) hydrogen/oxygen engine. Pyrotechnic and hypergolic ignition have already been studied under vacuum conditions

and emphasis is now on measurements of heat transfer in the combustion chamber and throat areas. To this are linked theoretical rocket studies and an investigation into the manufacture of suitable light-weight fuel and oxi-

diser storage vessels. The second study concerns the evaporation of liquid droplets in a spray and this is being extended to higher temperatures and a more practical range of fuels.

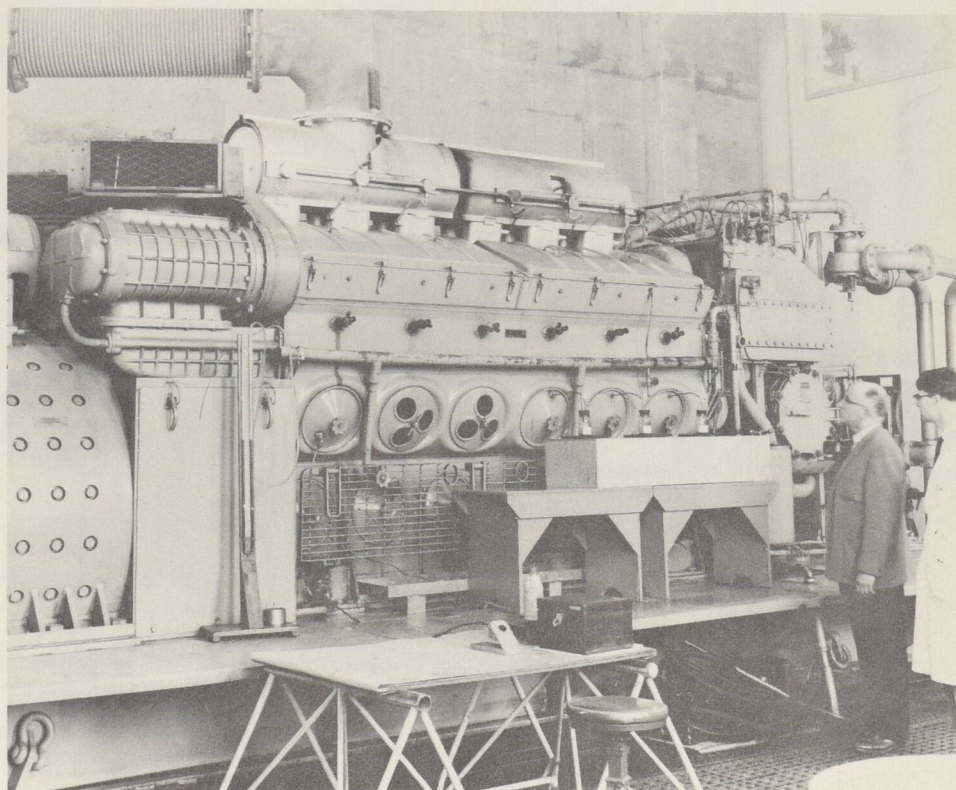
... combustibles et lubrifiants

Photo de gauche: Au Laboratoire des combustibles et lubrifiants, du CNRC, les essais qui ne peuvent être interrompus se prolongent souvent très tard dans la nuit.

Photo de droite: Moteur Diesel de locomotive servant de banc d'essais pour les pétroles bruts utilisés comme combustibles au lieu des huiles lourdes habituelles sorties de raffineries.

Opposite page — The Fuels and Lubricants Laboratory of the National Research Council frequently burns the midnight oil working on experiments which cannot be interrupted.

At right a locomotive diesel engine is used to examine problems involved in the use of crude oil direct from wells in place of refined diesel oil.



20 pourrait être monté à 40 ce qui présenterait des avantages sur le plan de l'économie et de la réduction des polluants dans les gaz d'échappement.

La section des combustibles s'intéresse surtout aux combustibles liquides et à d'autres fluides utilisés surtout en aviation. Dernièrement, on s'est intéressé tout particulièrement au filtrage et à la propreté ainsi qu'à l'utilisation, à l'évaluation et à l'efficacité de divers additifs pour combustibles.

Le Dr Whyte éprouve une fierté toute spéciale pour un travail effectué sur des carburants d'aviation. Des réchauffeurs pour dégivrer les canalisations d'essence sont utilisés sur la plupart des avions actuels pour en prévenir le gel. Les appareils militaires ne les utilisent pas du fait qu'ils consomment beaucoup d'énergie; ils sont remplacés par des additifs dont il faut assurer une certaine concentration en permanence. Il est donc nécessaire de dis-

poser de méthodes permettant de déterminer rapidement la quantité d'additifs présents dans le combustible et le Laboratoire des combustibles et lubrifiants a mis au point une technique simple pour y parvenir. Cette technique fait actuellement l'objet d'une évaluation par diverses armées de l'air et le Dr Whyte fonde quelque espoir de la voir utilisée par l'aviation civile.

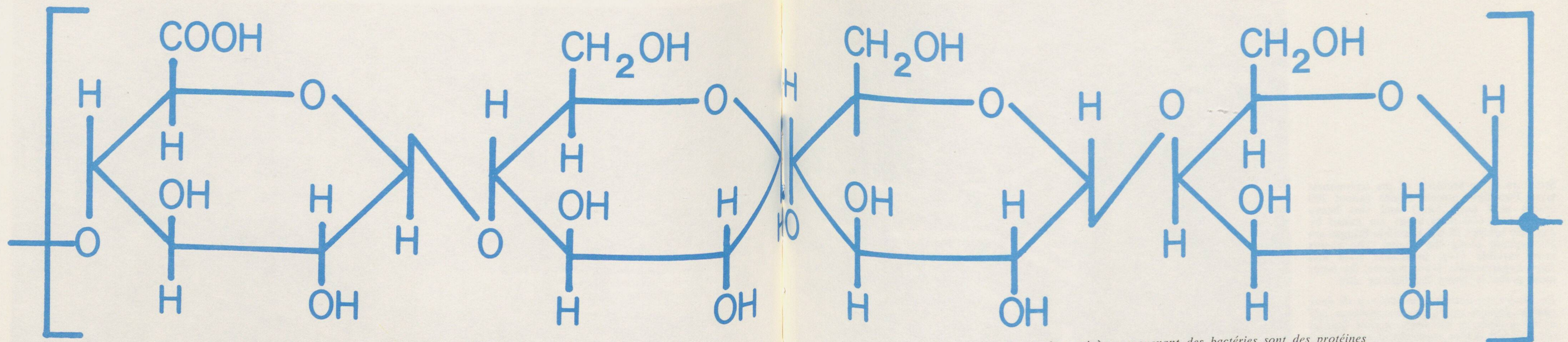
Une étude qui vient d'être achevée visait à trouver une solution au givrage des carburateurs des moteurs à pistons utilisés en aviation. Les moteurs de moins de 100 chevaux sont particulièrement affectés lorsqu'ils entrent dans des zones d'humidité élevée car les gouttelettes d'eau en surfusion gèlent sur la vanne papillon et la bloquent. Selon cette étude, le givrage du carburateur peut être évité si l'on prend la précaution d'en revêtir de téflon les pièces constitutives en confiant aux

additifs le soin d'assurer le dégagement des canalisations de carburant.

La recherche sur la combustion vise à réunir des données de base pour construire un petit moteur-fusée de 2 000 livres de poussée fonctionnant à l'hydrogène et à l'oxygène. L'allumage pyrotechnique et hypergolique a déjà été étudié dans le vide et l'on met actuellement l'accent sur les mesures de transfert de chaleur dans la chambre de combustion et le col.

On procède parallèlement à des études théoriques sur les fusées et plus particulièrement sur la construction de réservoirs appropriés pour des combustibles et des comburants de faible masse spécifique. On étudie aussi l'évaporation des gouttelettes issues des injecteurs pour des températures plus élevées et des combustibles plus faciles à manier.

Scientists lend a helping hand In body's fight against disease



Most antigens of bacteria are either proteins or polysaccharides. The specific polysaccharide antigen of type VIII pneumococcus was found by Dr. M. B. Perry and Dr. J. K. N. Jones of Queen's University to be a linear polymer of high molecular weight with a regularly repeating unit composed of four sugar residues, glucuronic acid, glucose, glucose and galactose.

Until this century, there was no threat to human life greater than attack by germs — bacteria, viruses and other microorganisms which cause such diseases as plague, typhoid, smallpox and poliomyelitis. Every day living creatures are attacked by germs which fortunately are repelled by the body's own defenders. One basic mechanism supports all defensive action; it is the body's ability, developed over millions of years of evolution, to preserve its own individual qualities. The body automatically recognizes foreign materials such as disease germs and calls into action special cells and chemicals to destroy them. This same system which protects the body against harmful microorganisms is also responsible for the rejection of transplanted organs, for allergies, and autoimmune diseases such as rheumatoid arthritis, when in effect, the body acts against itself.

After a bacterial infection has set in, the body brings into action two chemical defenders called antibody and complement. Antibodies are large proteins varying in molecular weight from 150,000 to 1,000,000. They are highly specific in their action; an antibody effective against one type of germ will not act against another type. Each antibody is tailored to lock with a spe-

cific molecule called an antigen, which is usually found on the surface of the germ. Since there are thousands of germs, each with different characteristic antigens which signal the alien nature of the invader, the body may be called upon to make any one or more of an estimated required million different specific antibodies. When an antibody reacts with its corresponding antigen, the action of complement, a complex of biologically active molecules, is triggered and results finally in the destruction of the foreign material.

How are antigens and antibodies structured? How do they work? How can they best be exploited in clinical medicine? These questions are currently being examined by Dr. G. A. Adams, Dr. N. M. Young, Dr. H. J. Jennings and Dr. M. B. Perry of the Immunochimistry Group and by Dr. C. T. Bishop, Head of the Biochemistry Laboratory of the National Research Council of Canada.

NRC's basic research on the body's immune system and its function in combatting disease requires a broad interdisciplinary approach. Working in close cooperation on this project are bacteriologists with facilities to grow pathogenic bacteria; chemists and biochemists with experience in immunology and protein and carbohydrate

chemistry; doctors and medical researchers from hospitals in Canada and the United States, and physiologists with extensive animal facilities. Dr. Bishop states that this work represents the interdisciplinary approach to research that is essential for major advances in the life sciences.

The Biochemistry Laboratory's research on antibodies focusses on their structure and function. Dr. Perry and Dr. Young are using transplant tumors in mice to produce antibody-like molecules (myeloma protein) which react with specific sugar molecules playing the role of antigens. By using synthetic sugar molecules which can be chemically activated by light, they are able to tag the active sites of the antibody. When the tagged molecule is broken down by enzymes and the sugar-bound fragments are analyzed, the order of the amino acid units in the binding site is discovered. Similar binding site studies are being made on 'pure' antibody produced in rabbits by immunization with highly purified polysaccharides. It is hoped that knowledge gained in these studies will lead to further understanding of the precise way in which an antibody combines with its antigen and may also, in some measure, assist in explaining how the body is able to make such immense

Lutte de plus en plus acharnée contre les infections

La plupart des antigènes provenant des bactéries sont des protéines ou des polysaccharides. Selon le Dr M. B. Perry et le Professeur J. K. N. Jones, F.R.S., de l'Université Queen's, l'antigène spécifique polysaccharique de pneumocoque type VIII est un polymère linéaire d'un poids moléculaire élevé. L'unité de base est composée de quatre résidus sacchariques (acide glucuronique, glucose, glucose et galactose).

Jusqu'au vingtième siècle il n'y avait pas de menace plus sinistre à la vie humaine que les bactéries, les virus et les autres micro-organismes responsables de maladies telles que la peste, la typhoïde, la variole et la poliomyélite. Or, chaque jour de la vie, le corps se protège contre des microbes nocifs. À la base de cette défense est la capacité du corps de garder ses qualités individuelles. Ainsi, il détecte automatiquement la présence des substances étrangères telles que les microbes et il déclenche l'activité des cellules et substances spéciales pour les détruire. Ce système de défense est aussi responsable des allergies, de la destruction de greffes et des maladies comme le rhumatisme articulaire où, en effet, le corps devient allergique à lui-même.

Une fois le corps infecté par des bactéries, deux défenseurs chimiques appelés "anticorps" et "complément" entrent en jeu. Les anticorps, protéines dont le poids moléculaire se situe entre 150 000 et 1 000 000, sont spécifiques du microbe, c'est-à-dire qu'un anticorps lutte contre un type de microbe seulement. Chaque anticorps est capable de s'attacher à une molécule particulière appelée antigène et qui se trouve le plus souvent à la surface du microbe. Puisqu'il existe des milliers de microbes, chacun ayant des anti-

gènes différents, on estime que le nombre d'anticorps différents produits par l'homme s'élève pour le moins à un million. Lorsque l'anticorps réagit avec l'antigène correspondant, il déclenche l'activité d'un aggrégat de molécules biologiquement actives ("complément"), qui finissent par détruire la substance étrangère.

Quelle est la structure des antigènes et des anticorps? Comment ceux-ci jouent-ils leurs rôles dans l'organisme? Comment peut-on les exploiter au maximum pour la médecine? Ces questions sont à l'étude au Conseil national de recherches du Canada par cinq chercheurs du Laboratoire de biochimie: le Dr C. T. Bishop, chef du Laboratoire, le Dr G. A. Adams, le Dr N. M. Young, le Dr H. J. Jennings et le Dr M. B. Perry.

Ces recherches méritent bien le qualificatif d'"interdisciplinaires". Elles nécessitent une collaboration étroite entre bactériologistes, disposant d'installations permettant d'obtenir des bactéries pathogènes, chimistes et biochimistes se spécialisant dans l'immunologie et dans la chimie des protéines et des hydrates de carbone, médecins et chercheurs médicaux et, enfin, biologistes pouvant accéder à des installations pour étudier les animaux. Selon le Dr Bishop, ces recherches repré-

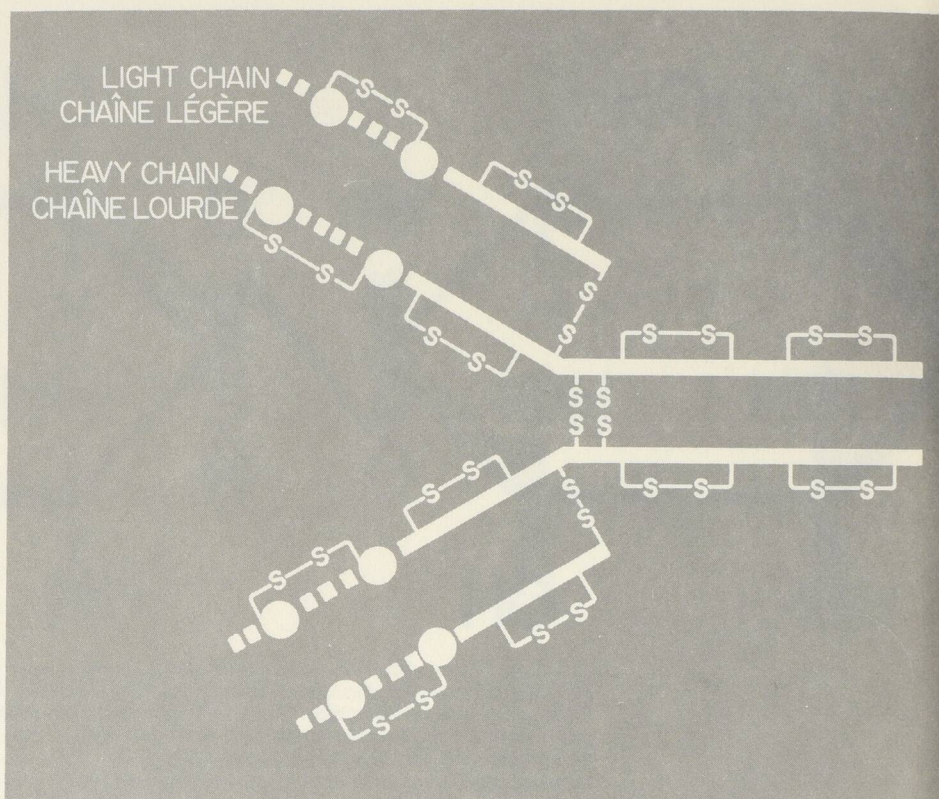
sentent un bon exemple de la collaboration interdisciplinaire, collaboration qui s'avère essentielle pour faire des progrès importants dans les sciences de la vie.

Les recherches du Laboratoire de biochimie du CNRC sur les anticorps visent à élucider leur structure et leur fonction. Le Dr Perry et le Dr Young ont suscité chez des souris la production d'une substance qui agit comme un anticorps (c'est une protéine se trouvant dans le myélome) et qui réagit contre certaines molécules sacchariques jouant le rôle d'antigènes. En employant des molécules sacchariques synthétiques pouvant être activées par la lumière, ils sont parvenus à marquer les centres actifs de cette substance. Ici, lorsque celle-ci est décomposée par des enzymes, on analyse les fragments afin de déterminer la composition des acides aminés à l'endroit de la liaison. D'autres études semblables se font sur des anticorps purs produits par des lapins à la suite de l'immunisation par des polysaccharides purifiés à fond. On espère que ces recherches conduiront à élucider le mécanisme de la combinaison des antigènes et des anticorps. En outre, elles pourraient aider à expliquer comment le corps est à même de fabriquer l'énorme variété d'anticorps.

helping hand

Structure of an antibody of the commonest type. Two light protein chains (about 200 amino acid units long) and two heavy chains (450-600 units long) are joined by disulfide bridges (S-S). Disulfide bridges are also spaced along the chains. The chains have variable (---), invariable (—) and short hypervariable (-●-) regions, the latter most probably being the binding sites.

En général un anticorps se compose de deux chaînes légères ayant chacune environ 200 acides aminés et de deux chaînes lourdes (de 450-600 acides aminés) qui sont reliées par des ponts disulfures (S-S). Ces ponts se trouvent également espacés le long de la chaîne, qui, elle, a des régions de composition variable (---), fixe, (—) et extrêmement variable (-●-), celles-ci étant bien probablement les sites de liaison.



numbers of different antibodies of specific action.

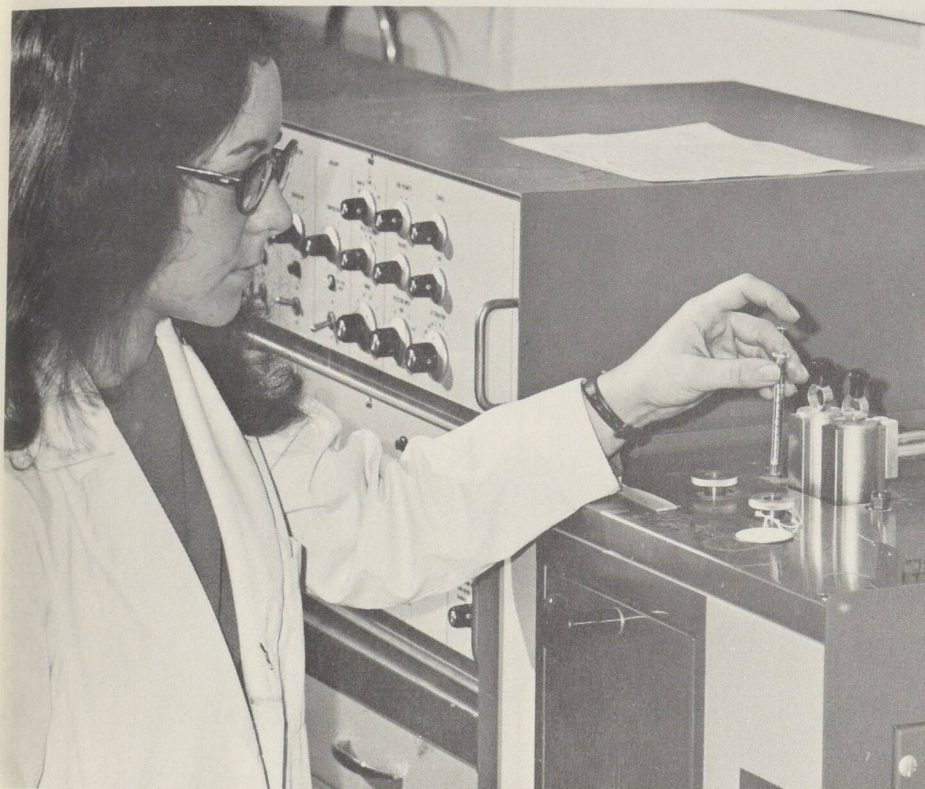
Complementary studies to those on antibodies are being made on antigens. In particular, the program is directed towards the isolation of specific antigens from pathogenic fungi, yeasts and bacteria, followed by the determination of their complete chemical structures. Dr. Bishop and Dr. Perry together with Professor F. Blank of the Skin and Cancer Hospital of Philadelphia, Pa., have completed one study of a group of fungi causing skin diseases and are now investigating the capsule antigens of different types of *Diplococcus pneumoniae*, a causative agent of pneumonia in man. Dr. Bi-

shop and Dr. Jennings, in collaboration with Dr. Baruch Diena and Dr. Paul Kenny of the Communicable Diseases Centre of the Department of National Health and Welfare, are involved in examining the antigens of *Neisseria meningitidis* and *Neisseria gonorrhoeae*, causative agents of meningitis and gonorrhea respectively. A group specific protein antigen has been prepared from one type of *N. meningitidis* which has been demonstrated to produce active immunity to other types of *N. meningitidis*. Dr. Adams has worked out the structures of endotoxic lipopolysaccharides found in the cell walls of many bacteria. These molecules are very com-

plex in structure and are made up of a polysaccharide portion composed of many unusual sugars and a lipid rich portion.

Knowledge of the structures of antigens assist in determining what features make a 'good' antigen; it clarifies many of the complexities surrounding the classification of bacteria by serological methods; it leads to the preparation of purer antigens for use in immunization, and may possibly by chemical modification, lead to an increase in the effectiveness of natural antigens or even to the production of entirely synthetic antigens.

... contre les infections



Mademoiselle Virginia Laverne analyse les parties sacchariques d'un antigène bactérien au moyen de la chromatographie en phase gazeuse et des techniques mises au point au CNRC.

Miss Virginia Laverne analysing sugar components of a bacterial antigen by gas chromatographic methods developed at NRC.

En plus de leurs recherches sur les anticorps, les chercheurs du CNRC mettent à l'étude les antigènes. En particulier, ils visent à isoler certains antigènes trouvés dans des champignons, ferments et bactéries pathogènes et à déterminer leur structure chimique. De concert avec le Dr Fritz Blank, du "Skin and Cancer Hospital" de Philadelphie, en Pennsylvanie, le Dr Bishop et le Dr Perry ont terminé une étude sur des champignons associés aux maladies de la peau.

Actuellement, ils recherchent des antigènes provenant des microbes res-

ponsables de la pneumonie lobaire. Le Dr Bishop et le Dr Jennings collaborent avec le Dr Baruch Diena et le Dr Paul Kenney, chercheurs au Centre des maladies contagieuses, du Ministère de la santé nationale et du bien-être social, à l'étude des antigènes associés à la méningite et à la blennorragie. Le Dr Adams a établi la structure de plusieurs lipopolysaccharides, substances antigéniques provenant de certaines bactéries. Ces molécules très complexes ont une partie polysaccharique composée de maints sucres peu communs et une partie lipide.

La connaissance de la structure des antigènes nous aiderait à déterminer les caractéristiques de "bons" antigènes, à éliminer bien des difficultés rencontrées lors de la classification des bactéries au moyen des méthodes sérologiques, à préparer des antigènes plus purs pour des fins d'immunisation et, peut-être, par des modifications chimiques, à augmenter l'efficacité des antigènes naturels. Cette connaissance pourrait aboutir à la production des antigènes entièrement synthétiques.

