

SCIENCE DIMENSION

1982/5/6



Permafrost/Pergélisol



CONTENTS

-
- 4 **Back to basics**
The wood stove is "in"
-
- 8 **Permafrost**
Arctic underpinnings
-
- 16 **Sunshine in the test tube**
Laser production of vitamin D
-
- 22 **High-tech down low**
Down, down, and away
-
- 26 **Briefly . . .**
-
- 28 **Tools from the Brace**
Selling self-reliance
-



Cover

Permafrost produces striking forms, such as this 40-m-high pingo near Tuktoyaktuk, but is an unreliable foundation for the works of man. (See story p. 8.)

Editor Wayne Campbell
Assistant Editor Margaret Shibley Simmons
Executive Editor Joan Powers Rickard
Editor French Texts Michel Brochu
Graphics Coordinator Stephen A. Haines
Photography Bruce Kane
Print Coordinator Robert Rickard
Design Acart Graphic Services Inc.
Printed in Canada by Beaugard Press Ltd.
31159-0-0858

Microflaws and macrobreakdowns

Under sparkling lights, the hum of conversation swirls around the clinking of cocktail glasses like a stream around sharp rocks. Light from every window spills onto the lawn of one of the larger embassies in Rockcliffe Park. The evening is progressing well until darkness suddenly blots out the rooms. The main power cable that serves the Embassy and other local residences has short-circuited again.

If this particular scenario ever happens, it will be Dr. John Densley of NRC's Division of Electrical Engineering that is called in to examine the underground cable, as he has been called many times before. Will it need replacing? After all, it is only 4 years old, and high-voltage power cables used in transmission lines are designed to last from 30 to 40 years. Densley determines that the modified polyethylene that insulates the high-voltage conductor from ground is full of "water trees," a sign that it will fail again and again.

If current flow along a cable is considered the equivalent of water flow along a pipe, voltage is the equivalent of the pressure of that water. Transmission cables operate at high "pressures," and as such are under very high electrical stress. Densley's research, initiated in the late 1960's, has determined that tiny air bubbles (called microvoids) or contaminants in the insulation, probably a result of the extrusion process that forms the power cable, are the primary source of the insulation breakdown. If the electrical stress exceeds the breakdown strength of the gas in the microvoid, a spark will discharge across it. Contaminants, particularly metal slivers, raise the electrical stress in adjacent microvoids, increasing the chance of a spark. Because of the spark and the resultant high temperature, melting and deterioration of the polyethylene occur. The spark recurs at the same place, and pits start to develop at either end of the microvoid. Eventually, what Densley and others call an "electrical tree" develops. Once a tree exists, it is only a matter of a few hours to a few days before the cable short-circuits; this failure can be enough to sever a cable before the circuit breaker cuts off the current, thus destroying all evidence of what caused the fault.

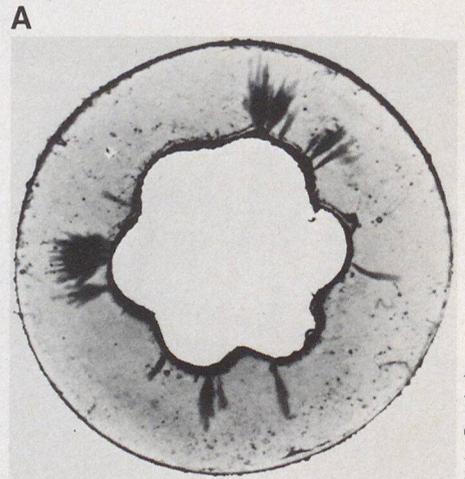
When cables are laid in wet, underground conditions water trees become another source of breakdown. Water trees grow more slowly than electrical trees but at less than half the electrical stress. Although the exact mechanism is still unknown, water permeates the insu-

lation, progressively filling the existing microvoids and creating others until the insulation is sufficiently weakened that failure occurs. Densley thinks that the voltage may even be "pulling" the water into the insulation. It is his opinion, one that he shared with the staff of the Embassy, that it may be necessary to hermetically seal underground cables to prevent the penetration of water.

In the laboratory, Dr. Densley is examining various methods of hermetically sealing cables. The main emphasis of the research, however, is on fundamental studies of the exact mechanism of breakdown. Exactly how the water trees cause cable failure is still unknown. Densley has developed techniques to accelerate the growth of both kinds of trees so that he can study their formation and perhaps determine a way to slow or prevent their growth.

Densley's research is aimed at answering the many questions still surrounding insulation breakdown in high-voltage power cables. If he gets the right answers, perhaps some day these power cables may last as long as they were designed to. The Embassy staff will be delighted — if not de-lighted. □

Margaret Shibley Simmons



These cross sections of high-voltage power cables (A is across the cable, B is along it) show the developing "trees" in the insulation that eventually cause the cable to short-circuit.

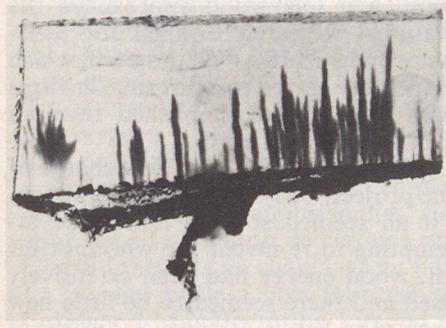
Microbulles et macrodéfaillances

Sous le scintillement des lustres, le murmure des conversations se fraie un chemin parmi le tintement des verres à cocktail. Des fenêtres, la lumière se répand sur la pelouse d'une imposante ambassade du parc Rockcliffe. La soirée se déroule sans anicroche lorsque l'ambassade se trouve soudainement plongée dans l'obscurité, le câble souterrain qui l'alimente en électricité en même temps que les résidences voisines ayant, une fois de plus, été court-circuité.

Une telle situation commande l'intervention du Dr John Densley, de la Division de génie électrique du CNRC, qui verra s'il y a lieu de remplacer ledit câble. Après tout, il n'y a que quatre ans que celui-ci a été mis en place et les câbles haute tension sont généralement conçus pour une durée de service de trente à quarante ans. Après examen, le Dr Densley identifie la cause de la panne: l'enveloppe de polyéthylène qui isole le conducteur haute tension du sol environnant est criblée "d'hydroarborescences" annonciatrices de pannes futures.

Si le courant transporté par des câbles électriques peut être comparé à l'eau qui s'écoule dans un tuyau, la tension électrique peut être comparée à la pression de l'eau. Ces câbles sont soumis à de fortes "pressions" ou, mieux, à des contraintes électriques très élevées. Les travaux de Densley, amorcés à la fin des années soixante, lui ont permis de déterminer la principale cause de détérioration de l'isolant: de minuscules bulles d'air (ou microbulles), associées à des impuretés introduites lors de l'extrusion du polyéthylène qui recouvre les câbles.

B



(John Densley)

Vues en coupe (A: transversale, B: longitudinale) de câbles à haute tension montrant les "arborescences" qui se développent dans l'isolant et qui peuvent, à la longue, provoquer le court-circuitage du réseau électrique.

Si la contrainte électrique est supérieure à la résistance du gaz emprisonné dans la microbulle, une étincelle se produira. Les impuretés, surtout les impuretés métalliques, provoquent un accroissement de tension dans les microbulles adjacentes et augmentent les risques d'étincelles. La chaleur produite par ces étincelles fait fondre le polyéthylène et lui fait perdre ses propriétés isolantes. La production répétée d'étincelles au même endroit entraîne la formation de petits trous aux deux extrémités de la microbulle. À la longue, des arborescences électriques apparaissent en divers points: le court-circuitage du réseau n'est plus alors qu'une question d'heures ou de jours et provoque parfois la rupture du câble avant que le disjoncteur ne coupe le courant; il sera alors impossible de trouver la cause de la panne.

Lorsque les câbles sont enfouis dans un sol humide, les "hydroarborescences" constituent une autre cause de claquage. Les hydroarborescences se développent plus lentement que les arborescences électriques mais avec des tensions deux fois moindres. Bien que l'on ne connaisse pas encore le processus exact menant à leur formation, il est établi que l'eau s'infiltré dans l'isolant, emplissant graduellement les microbulles existantes, et entraîne l'apparition d'autres bulles qui affaiblissent l'isolant et lui font perdre ses propriétés. Le Dr Densley pense que la tension électrique peut même "attirer" l'eau dans l'isolant. Il croit, tout comme le personnel de l'ambassade, que les câbles souterrains devraient avoir une enveloppe hermétique qui empêche la pénétration de l'eau dans l'isolant.

Dans son laboratoire, le Dr Densley étudie diverses méthodes de protection hermétique tout en mettant toutefois l'accent sur l'élucidation du mécanisme qui conduit à la détérioration de l'isolant. Densley a mis au point des techniques lui permettant d'accélérer la formation des deux types d'arborescences en vue de freiner éventuellement le processus et même de le supprimer.

Ses travaux lui permettront peut-être de découvrir les causes de la détérioration de l'isolant des câbles et de leur faire atteindre la durée de service prévue à l'origine. Nul doute que le personnel, ainsi que les salles de réception de l'ambassade, n'en seront que plus rayonnants. □

Texte français: Line Bastrash

SCIENCE DIMENSION



Conseil national
de recherches Canada

National Research
Council Canada

Vol. 14, No. 5/6, 1982

Cité dans l'Index de périodiques canadiens
Cette publication est également disponible
sous forme de microcopies.

SOMMAIRE

- 4 La redécouverte d'un mode de chauffage ancien
Les poêles à bois sont de retour
- 9 Le pergélisol
Les fondations de l'Arctique
- 17 Du soleil en bouteille
La vitamine D synthétisée au laser
- 23 Technologie de pointe troglodytique
Toujours plus bas et plus loin
- 27 En bref . . .
- 29 L'Institut de recherches Braces à l'oeuvre
Bâtir l'autonomie énergétique



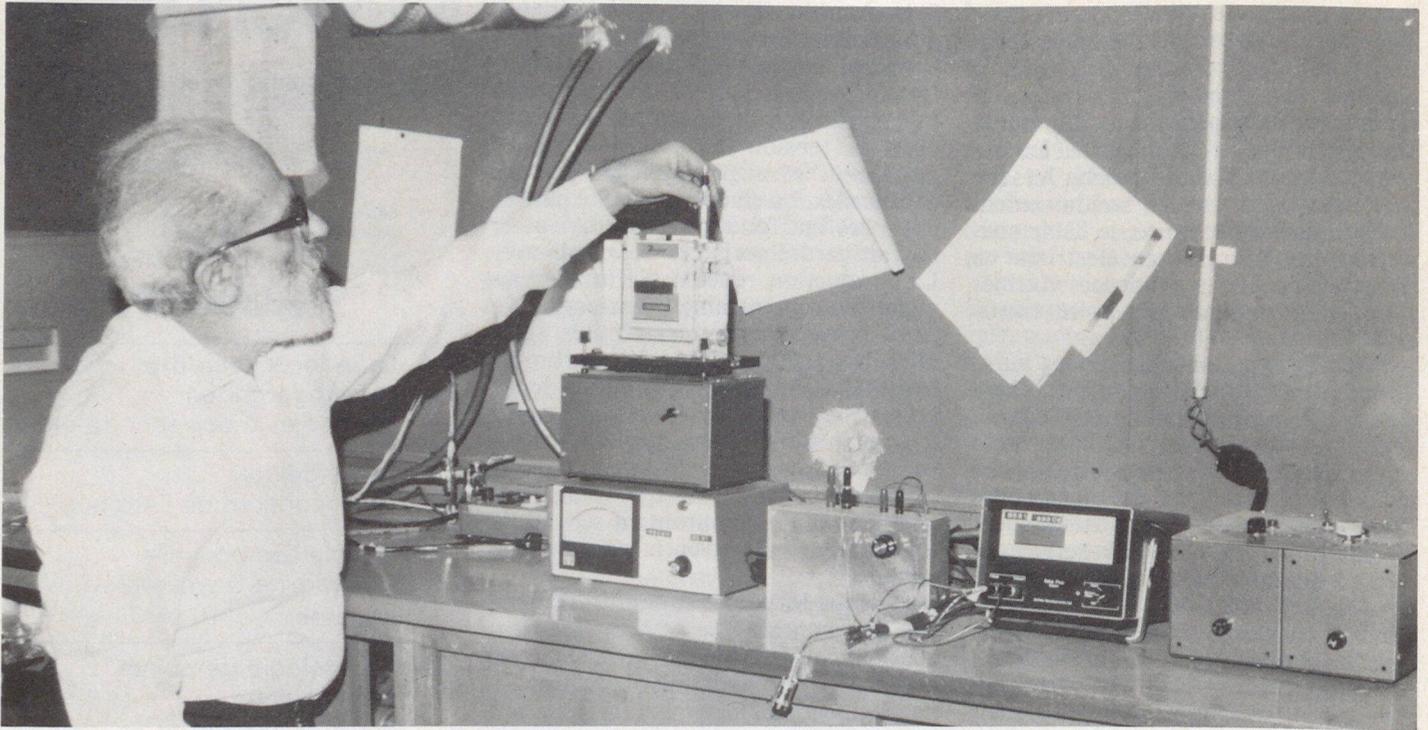
(CNRC-DRB)

Notre couverture

Le pergélisol présente des structures spectaculaires, comme ce pingo de 40 m de haut près de Tuktoyaktuk, mais constitue un terrain peu sûr pour l'édition de ouvrages de l'Homme (voir article p. 9).

Rédacteur en chef Wayne Campbell
Adjointe à la rédaction Margaret Shibley Simmons
Rédacteur exécutif Joan Powers Rickerd
Editeur (textes français) Michel Brochu
Coordonnateur (graphiques) Stephen A. Haines
Photographie Bruce Kane
Coordonnateur de l'impression Robert Rickerd
Conception graphique Acart Graphic Services Inc.
Imprimé au Canada par Imprimerie Beaugard Ltée
31159-0-0858

Wood stoves Back to basics



NRC, Lakewood, Ryerson, and a dedicated professor collaborate to make wood-burning stoves more efficient.

Canadians purchased more than 200 000 — twice as many per capita as the one million sold in the United States in 1979. And the demand continues. North America has gone back to the hearth — the wood stove is “in.”

Used for thousands of years throughout the world, wood provided 70 per cent of Canada’s energy requirements during the last century. Since wood is low in cost, readily available, and renewable, people are again turning to it as an alternative fuel to combat increased fuel prices and conserve energy.

Wood, unlike oil and gas, does not burn uniformly. It is considered a multi-fuel as heat is produced during the combustion of both gas and solid. Because of these complexities, very little research has been carried out on combustion and heat transfer. As a result, the equipment used for burning wood has always been relatively low technology, and wood stoves have been designed by trial and error with little attention being given to the intricacies of the whole process. Currently, even the best wood stove operates at only a maximum 66 per cent efficiency, meaning that 34 per cent of the energy is lost. Poor ones, on the other hand, produce toxic fumes and carbon monoxide; air currents can cause small

explosions in the combustion chamber; and the buildup of creosote deposits in the chimney increases the risk of fire.

Some 320 km northeast of Toronto lies the small village (population 1600) of Bobcaygeon, and it is here that a company incorporated only five years ago (present staff 50) has tackled some of these inherent problems. Lakewood Manufacturing Limited produced its first wood stove in February 1977, and 10 months later, its one-thousandth. By mid-1979, 5000 stoves had been completed. Today, Lakewood has become one of this country’s larger manufacturers of wood-burning stoves. Through its licensee organization, the Lakewood line of stoves is now produced by 14 licensees in the United States and Canada.

“All our stoves were designed using known technology and combustion and heat transfer strategies,” says Clyde L. Logue, Vice-President. “They were certainly not the ultimate in efficiency, but they worked. However, in searching the literature, there was little technical information available and no work had been done on combustion efficiency or on heat transfer. What tests had been done were limited and definitely nonrepeatable from a scientific point of view. We were essentially flying blind, using only our intuition and expertise to guide us. So, we decided the time had come to obtain hard technical information to allow us to test our stoves so we could

Professor Erwin Fernbach with some of the measuring instruments designed and developed in his laboratory to study the wood-burning process.

Le professeur Erwin Fernbach, et quelques-uns des instruments de mesure conçus et mis au point dans son laboratoire pour étudier le processus de la combustion du bois.

design both stoves and furnaces for maximum efficiency.”

Contact was established with the Ryerson Polytechnical Institute’s Department of Mathematics, Physics, and Computer Science, and with Professor Erwin Fernbach (who is so enthralled with wood as an energy saver that he gave up studying nuclear reactors), and Lakewood approached the National Research Council for assistance under its IRAP-M program, which is specially geared to assist smaller firms with little or no established research facilities of their own.

“When I was asked to take charge of the project,” says Professor Fernbach, “it all seemed so very much like attempting to re-invent the wheel. After all, wood energy had been extensively used and there seemed to be little new ground to break. It came as a surprise to find a great number of problems are still waiting to be solved — from the very mechanisms governing the combustion and pyrolysis of wood to the development of devices to transform the chemical energy of wood into other energy forms.”

Les poêles à bois

La redécouverte d'un mode de chauffage ancien

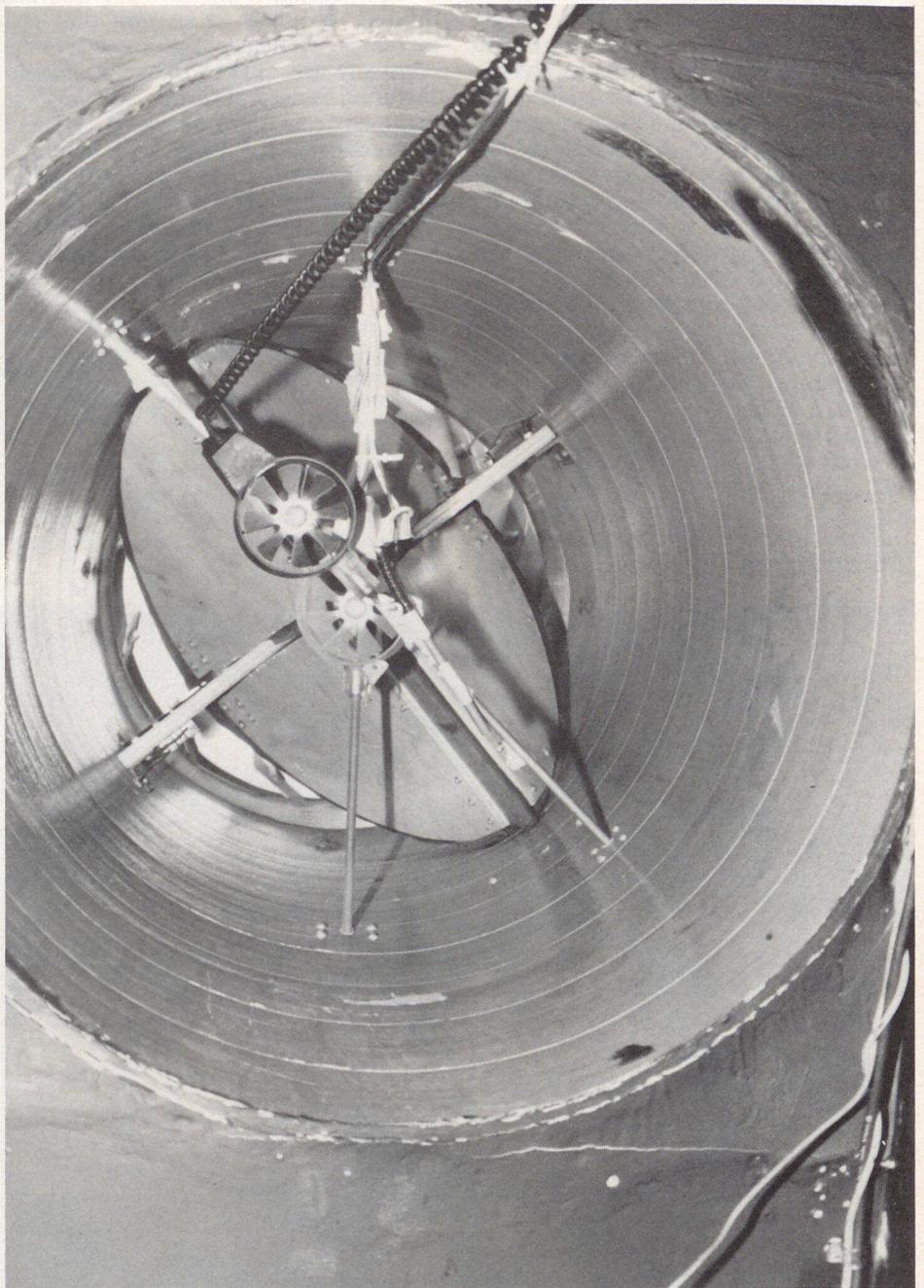
Le CNRC, la firme Lakewood, le Ryerson Polytechnical Institute ainsi qu'un professeur passionné du chauffage au bois ont uni leurs efforts pour améliorer le rendement des poêles à bois.

Les Canadiens en ont acheté plus de 200 000, soit le double, par habitant, du nombre vendu (un million) aux États-Unis en 1979. L'Amérique du Nord redécouvrant un mode de chauffage ancien, les poêles à bois sont de retour.

Le bois a été utilisé pendant des milliers d'années sur toutes les parties du globe; au siècle dernier, il couvrait 70% des besoins énergétiques canadiens. Parce qu'il constitue une source d'énergie renouvelable bon marché et abondante, de plus en plus de gens retournent aujourd'hui au bois comme combustible de remplacement pour faire échec à l'augmentation du prix du pétrole et pour économiser l'énergie.

Contrairement au mazout et au gaz, il ne brûle pas uniformément. C'est en fait un polycombustible, la chaleur qu'il dégage provenant autant de la combustion du gaz que des solides. En raison de la complexité de ce processus, très peu de recherche a été faite sur la combustion du bois et le transfert de la chaleur qu'il dégage. Conséquemment, les poêles à bois en sont encore à l'ère pré-technologique: leur conception est le résultat des enseignements apportés par la méthode empirique et l'on s'est peu attardé à l'étude des processus complexes propres à ce type de combustion. C'est pourquoi, même aujourd'hui, le rendement du meilleur poêle à bois n'est que de 66%, la perte d'énergie étant donc de 34%. Quant aux poêles de moins bonne qualité, ils dégagent des gaz toxiques et de l'oxyde de carbone; de plus, les courants d'air peuvent provoquer de petites explosions dans la chambre de combustion et l'accumulation de particules de crésote augmente les risques de feux de cheminée.

À quelque 320 km au nord-est de Toronto se trouve la petite localité de Bobcaygeon (1 600 habitants); c'est dans ce village qu'une société fondée il y a cinq ans seulement, et qui emploie actuellement cinquante personnes, s'est attaquée à la solution de certains problèmes inhérents au chauffage au bois. Le premier poêle à bois fabriqué par Lakewood Manufacturing Limited est sorti de l'usine en février 1977 et, dix mois plus tard, cette firme en était à son millième exemplaire. Dès le milieu de 1979, 5 000 poêles à bois avaient déjà été assemblés. Aujourd'hui, Lakewood est l'un des plus importants fabricants de poêles à bois du pays et 14 licences ont



Looking up the furnace flue at the baffle.

Vue en contre-plongée du conduit de la cheminée montrant le déflecteur.

été accordées au Canada et aux États-Unis pour la fabrication des poêles de cette marque.

"Nous avons conçu tous nos modèles en utilisant la technologie actuelle et les connaissances existantes sur la combustion et le transfert de chaleur", explique Clyde L. Logue, vice-président de la société Lakewood. "Ils n'étaient peut-être pas les plus efficaces mais ils fonctionnaient. En cherchant à nous documenter, nous avons constaté que l'infor-

mation technique disponible était quasi inexistante et qu'aucune recherche n'avait été menée sur l'efficacité de la combustion ou sur le transfert de chaleur. Les essais antérieurs étaient limités et, de toute façon, ils ne pouvaient pas être reproduits car ils ne répondaient pas à des critères scientifiques. Nous abordions un domaine totalement inexploré, seules notre intuition et notre expérience pouvaient nous guider. Nous avons alors décidé qu'il était temps de

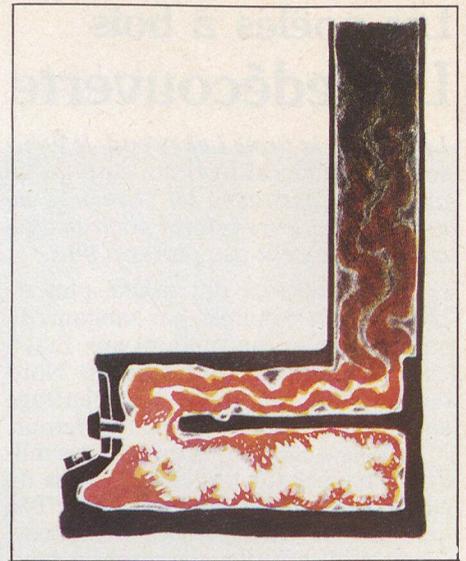
Professor Fernbach and his students at Ryerson first designed and developed a novel calorimetric laboratory — the only one of its kind in the world — and then a number of commercially unavailable measuring instruments. Novel methods of analysis were employed to evaluate safety and performance characteristics. Products under testing included stoves in the Lakewood line; a fireplace insert developed by Lakewood to increase efficiency of conventional masonry fireplaces; a wood-burning water heater; and an industrial wood-burning furnace with an output between 790 000 and 1.27 million kJ/h. Tests were concerned with ways of increasing overall efficiency, flue gas cleanliness to reduce pollution, reduction of surface temperatures, and various other operating parameters. Testing has already resulted in the redesign and modification of many units. For example, the blower and heat exchanger system and the strategy of baffling the combustion system were modified on one model to increase heat extraction; modification of another

led to an increase in overall efficiency without a significant loss of heat capacity. This particular unit has gained good acceptance in the marketplace and is now selling well. On yet another model, although redesign did not increase efficiency significantly, the company was able to reduce its manufacturing costs; and finally, one unit was dropped from the Lakewood line and replaced by a full baffle-style stove.

The fireplace insert was developed to change an inefficient fireplace into an efficient airtight wood stove. The stove has a removable baffle to facilitate cleaning of the chimney down to the

Erwin Fernbach: "It came as a surprise to find that a great number of problems are still waiting to be solved." IRAP-M assistance has brought about both modification and redesign to increase furnace efficiency.

Erwin Fernbach: "J'ai été surpris de découvrir qu'un grand nombre de questions étaient restées sans réponse." L'aide du PARI-M a permis de repenser et de modifier la conception de cette chaudière et d'en augmenter le rendement.

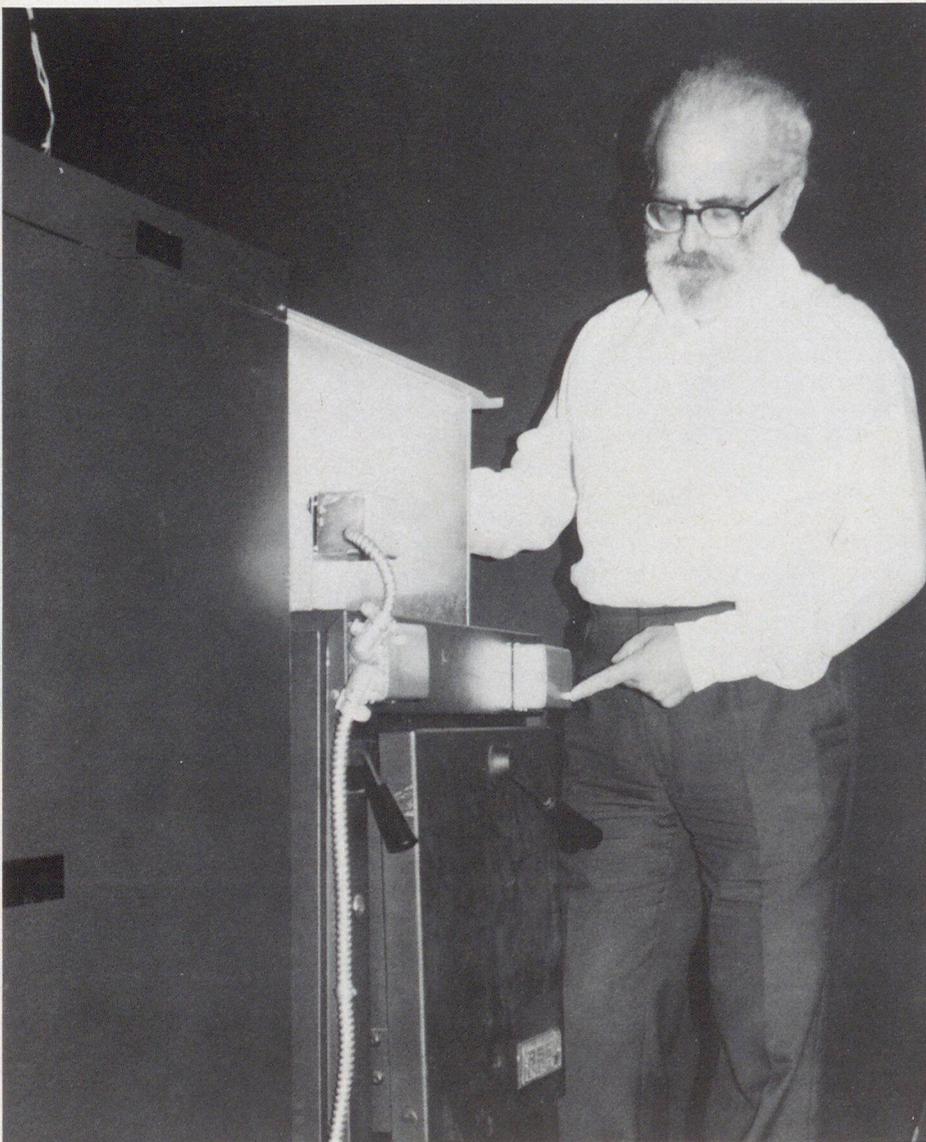


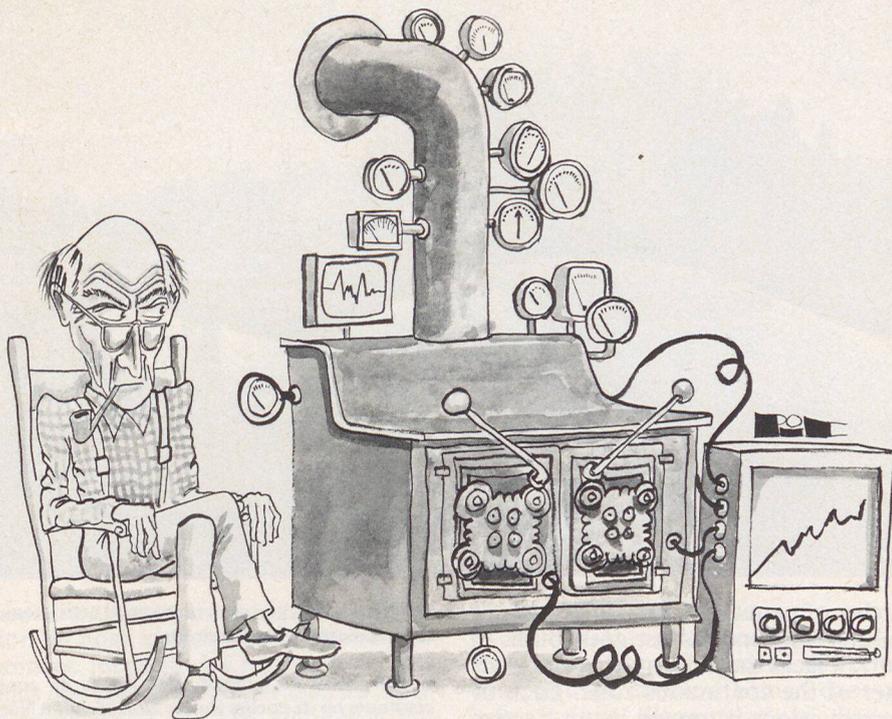
firebox. Preliminary testing revealed smoking at the first combustion cycle and this has now been overcome by changing the size of the baffle and repositioning it. Further studies are being carried out to increase the combustion efficiency of the stove and the heat-transfer efficiency.

"From the very beginning, we have viewed ourselves as being in the heating business," says Mr. Logue. "Although we have limited ourselves to wood-burning products, we are trying to expand our product line into other areas. We are now preparing to market an industrial wood-burning furnace." Because of its size, studies were performed at the company's site in Bobcaygeon. Tests to determine the final size and configuration of the heat exchanger for maximum heat transfer and minimum high temperature scouring of the surface currently being conducted, together with the determination of condensation (creosote and corrosive products) in the heat exchanger, and possible corrective measures are being evaluated. The air flow configuration is being redesigned to minimize the present torching effects on fire-brick retainers and combustion chamber walls and an investigation of a modulated forced air supply for maximum efficiency is being carried out.

"In the rush to meet demand, manufacturers of wood-burning stoves have produced less than ideal products. But, with financial assistance from NRC," concludes Clyde Logue, "Lakewood has been able to solve some of its problems through research, resulting in both modification and redesign to increase efficiency, decrease chimney creosoting, and reduce pollution. Lakewood will continue its commitment to R&D as a means of developing new products and expanding our market." □

Joan Powers Rickard





mettre au point des méthodes fiables pour mieux évaluer les poêles et les chaudières que nous fabriquons et améliorer leur conception en vue d'obtenir une efficacité maximale."

La firme Lakewood a donc pris contact avec le Département de mathématiques, de physique et d'informatique du *Ryerson Polytechnical Institute* ainsi qu'avec le professeur Erwin Fernbach (ce dernier s'intéresse à ce point au bois comme source d'énergie de remplacement qu'il en a abandonné l'étude des réacteurs nucléaires). Elle a également sollicité l'aide du Conseil national de recherches par le biais du MINI-PARI, programme spécialement conçu pour venir en aide aux petites entreprises ayant peu ou pas de moyens de recherche.

"Lorsque l'on m'a demandé de prendre en charge le projet", précise le professeur Fernbach, "c'est comme si l'on m'avait demandé de réinventer la roue. Après tout, le chauffage au bois ne date pas d'hier et il semblait que rien de neuf ne pouvait venir de ce côté. J'ai donc été très surpris de découvrir qu'un grand nombre de questions, allant de l'explication des mécanismes qui régissent la combustion et la pyrolyse du bois à la mise au point de dispositifs permettant de transformer l'énergie chimique du bois en d'autres formes d'énergie, étaient restées sans réponse."

Pour répondre à ces questions, le professeur Fernbach et ses étudiants du *Ryerson Polytechnical Institute* ont conçu et mis au point un nouveau laboratoire calorimétrique, le premier du

genre dans le monde, ainsi qu'un certain nombre d'instruments impossibles à obtenir dans le commerce. À l'aide de méthodes d'analyse originales, ils ont évalué les caractéristiques de sécurité et de rendement des poêles à bois. Parmi les produits mis à l'essai figuraient des poêles Lakewood, un poêle à encastrer mis au point par la compagnie Lakewood pour augmenter l'efficacité des foyers classiques en brique ou en pierre; un chauffe-eau et une chaudière industrielle au bois d'une puissance de 790 000 à 1,27 million de kJ/h. Ces essais avaient pour but d'améliorer l'efficacité générale des appareils, d'accroître la propreté des gaz de combustion afin de réduire la pollution, d'abaisser les températures de surface et d'optimiser divers autres paramètres d'exploitation. À la suite de ces essais, un bon nombre de modèles ont été repensés ou modifiés. C'est ainsi, par exemple, que l'on a modifié le dispositif de déflexion de la chambre de combustion, de même que la soufflerie et l'échangeur de chaleur d'un des modèles en vue d'accroître la quantité de chaleur extraite. En modifiant un autre modèle, on a réussi à améliorer l'efficacité générale de l'appareil sans pour autant diminuer de façon significative sa capacité calorifique. Ce modèle s'est par la suite taillé une très bonne place sur le marché. On a également repensé la conception d'un autre modèle, ce qui, à défaut d'en accroître l'efficacité de façon notable, a quand même permis à l'entreprise d'économiser sur son coût de fabrica-

tion; finalement, Lakewood a cessé la production d'un de ses modèles pour le remplacer par un poêle muni d'un dispositif de déflexion de chaleur.

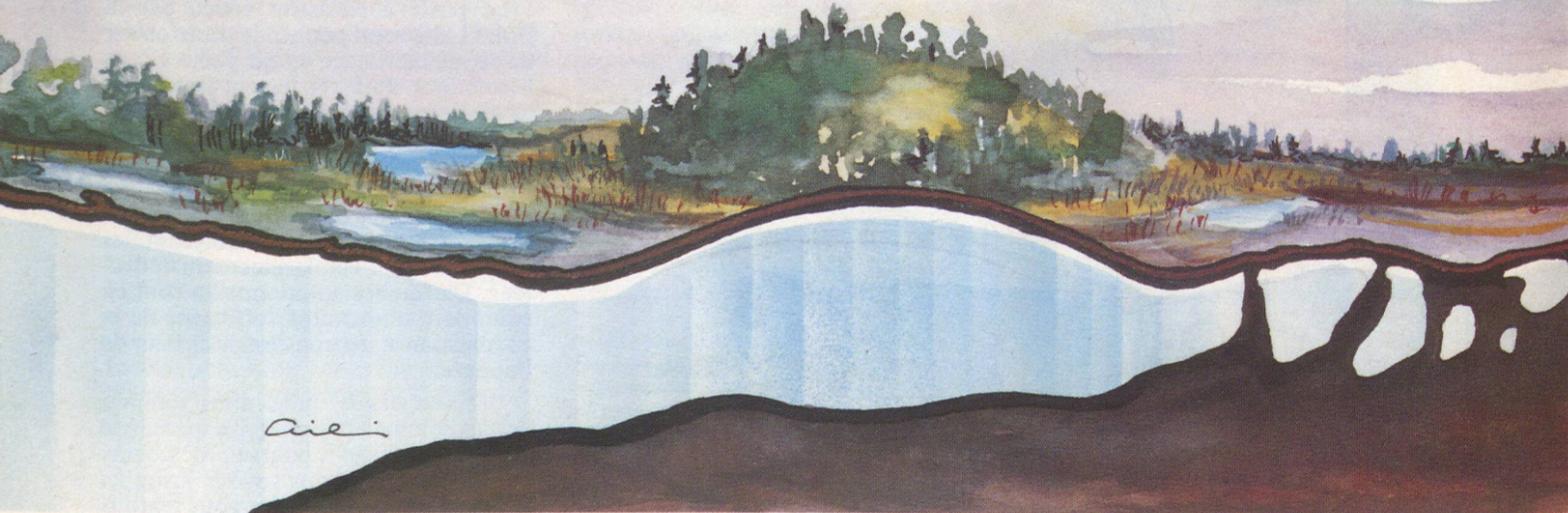
Le poêle à encastrer conçu par la firme Lakewood permet de transformer un foyer inefficace en un poêle à bois hermétique d'un rendement supérieur. Ce poêle est muni d'un déflecteur amovible qui facilite le nettoyage de la cheminée. Des essais préliminaires ont révélé la production de fumée au cours du premier cycle de combustion; ce problème a été résolu en changeant les dimensions et l'emplacement du déflecteur. Des études additionnelles sont en cours afin d'accroître l'efficacité de la combustion et du transfert de chaleur de l'appareil.

"Dès le début, nous nous sommes définis comme une entreprise spécialisée dans le chauffage", poursuit M. Logue. "Bien que nous nous soyons jusqu'ici limités aux poêles à bois, nous tentons maintenant d'étendre notre production à d'autres types d'appareils. Nous nous apprêtons actuellement à mettre sur le marché une chaudière industrielle au bois." En raison des dimensions de l'appareil, les études ont dû être effectuées sur les lieux mêmes de l'usine, à Bobcaygeon. On procède actuellement à des essais en vue de déterminer les dimensions finales et la configuration de l'échangeur de chaleur pour optimiser la capacité de l'appareil et réduire l'abrasion des surfaces due aux hautes températures; d'autres essais visent à déterminer les effets de la condensation (accumulation de créosote et de produits corrosifs) dans l'échangeur de chaleur et à évaluer diverses mesures correctives. On étudie également la configuration du flux de chaleur afin d'empêcher autant que possible les flammes de lécher les parois en briques réfractaires du foyer ou de la chambre de combustion; une autre étude porte sur un système d'alimentation en air pulsé réglable qui devrait permettre d'optimiser la combustion.

"Dans leur empressement à satisfaire la demande, les fabricants de poêles à bois ont mis sur le marché des produits qui sont loin d'être parfaits. Mais," de conclure Clyde Logue, "à la suite des recherches menées grâce à l'aide financière du CNRC, notre entreprise a pu résoudre certains des problèmes inhérents à ce mode de chauffage; nos modèles ont été repensés ou modifiés en vue d'en accroître l'efficacité, de diminuer l'accumulation de créosote dans la cheminée et de réduire la pollution. Nous entendons continuer à miser sur la R et D dans l'avenir pour mettre au point de nouveaux produits et développer notre marché."

Texte français: Line Bastrash

Arctic underpinnings Permafrost



(Aili Kurtis)

Lurking beneath the stunted trees and delicate vegetation of Canada's North is a phenomenon unfamiliar to Southerners but a fact of life to Northerners: permafrost. The most spectacular natural manifestations of this underlying, permanently frozen ground are giant frost boils called pingos; these conical hills, covered with soil and vegetation and often reaching 30 or 35 m in height, may have taken thousands of years to develop.

Where man has touched the environment, the effects of permafrost are equally evident. Houses are built without basements and sit on gravel or concrete pads or on timber sills. Larger buildings perch atop pilings sunk into the permafrost. An airspace is often left so that heat generated by the building does not thaw the upper layer of permafrost, thereby creating instability.

Depending on the area, permafrost can be anywhere from a few centimetres to 300-plus metres thick. While these stretches of permanently frozen ground exhibit great variations because of differences in soil type, moisture content, vegetation, and location, geologists divide them for simplicity into two zones. There is the continuous zone, in which the permafrost is anywhere from 65 to 300 m thick throughout the whole area, and the discontinuous zone where

Human coping with permafrost remains a challenge. Houses (and their water, sewage, and electrical services) are often elevated to avoid melting the ice, and telephone poles must be braced.

La maîtrise de l'environnement nordique par l'homme demeure un défi. Les bâtiments (ainsi que les canalisations d'eau, d'égout et d'électricité) sont souvent construits sur pilotis pour éviter la fonte de la glace et les poteaux téléphoniques doivent être contreventés.

patches of permafrost exist in decreasing size and frequency as one goes south. In short, it lacks the uniformly frozen character of the continuous zone. Each of these divisions is topped by an "active layer" a metre or so thick which freezes and thaws by the season.

As recently as 1970, the late National Research Council geographer R.J.E. Brown wrote in his book *Permafrost in Canada* (University of Toronto Press) that "in terms of the total national income derived from this economic activity, the extraction of mineral re-

In scattered pockets and continuous belts permafrost underlies Canada's north.

Le pergélisol est présent sous forme de zones continues ou de poches isolées dans le sol du Nord canadien.

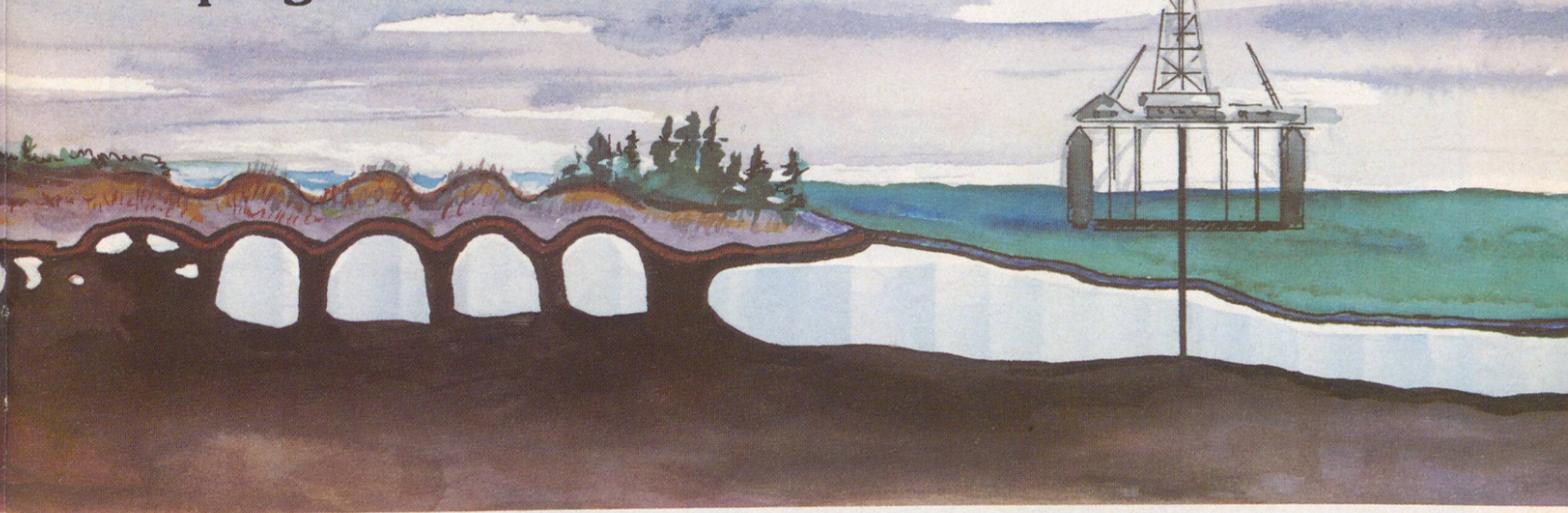
sources in these remote areas is almost insignificant, mainly because of the severe physical conditions, distance from markets, and high development and operating costs."

Shortly after Brown made this statement, two important changes occurred:



(Aili Kurtis)

Les fondations de l'Arctique Le pergélisol



Sous les arbres nains et la frêle végétation du nord canadien se cache un phénomène inconnu des habitants du sud mais que connaissent bien ceux du nord: le pergélisol. L'une des manifestations les plus spectaculaires de ce sol gelé en permanence est une excroissance géante appelée pingo; ces élévations coniques, recouvertes de terre et de végétation, atteignent souvent 30 à 35 m de hauteur et ont probablement mis des milliers d'années à se former.

Là où l'Homme est intervenu dans l'environnement, les effets du pergélisol sont manifestes. Les maisons n'ont pas de fondations et reposent sur du gravier, des dalles de béton ou sur des lisses constituées de madriers. Les bâtiments de plus grandes dimensions s'appuient sur des pieux battus dans le pergélisol. Un espace d'air est souvent aménagé pour éviter que la chaleur qui se dégage des bâtiments ne provoque le dégel de la couche supérieure du pergélisol et n'entraîne une instabilité du sol.

Selon la région, l'épaisseur de la couche de pergélisol peut varier de quelques centimètres à plus de 300 m. Bien que ces étendues de sol gelé en permanence présentent des variations importantes en raison de différences de type de sol, de teneur en humidité, de végétation et d'emplacement, les géologues les divisent pour raison de commodité en deux zones: une zone continue, où le pergélisol atteint de 65 à 300 m d'épaisseur sur toute son étendue, et une zone discontinue, où le pergélisol n'existe qu'à certains endroits et où ses dimensions et sa fréquence diminuent à mesure que l'on descend vers le sud — autrement dit, il ne présente pas le caractère uniformément gelé de la zone continue. Chacune de ces zones est recouverte d'une "couche active" d'environ un mètre d'épaisseur alternativement gelée et

dégelée selon les saisons.

En 1970, le regretté géographe R.J.E. Brown, du Conseil national de recherches, pouvait encore affirmer, dans son livre intitulé *Permafrost in Canada* (University of Toronto Press), que "la part du revenu national total provenant de l'extraction des richesses minières des régions isolées est pour ainsi dire insignifiante en raison principalement de la rigueur du climat, de la distance des marchés et du coût élevé d'exploitation".

Toutefois, peu de temps après que Brown eut fait cette observation, deux changements importants sont venus modifier les données: le prix du pétrole est monté en flèche sous la pression du cartel arabe et les Nord-Américains ont commencé à réaliser que leurs propres réserves de combustibles n'étaient pas inépuisables. Brusquement, le coût astronomique de la mise en valeur des régions nordiques semblait justifié, voire inévitable, et les problèmes soulevés par les conditions physiques difficiles et l'éloignement des marchés, qui semblaient autrefois des obstacles insurmontables, se transformaient en défis technologiques.

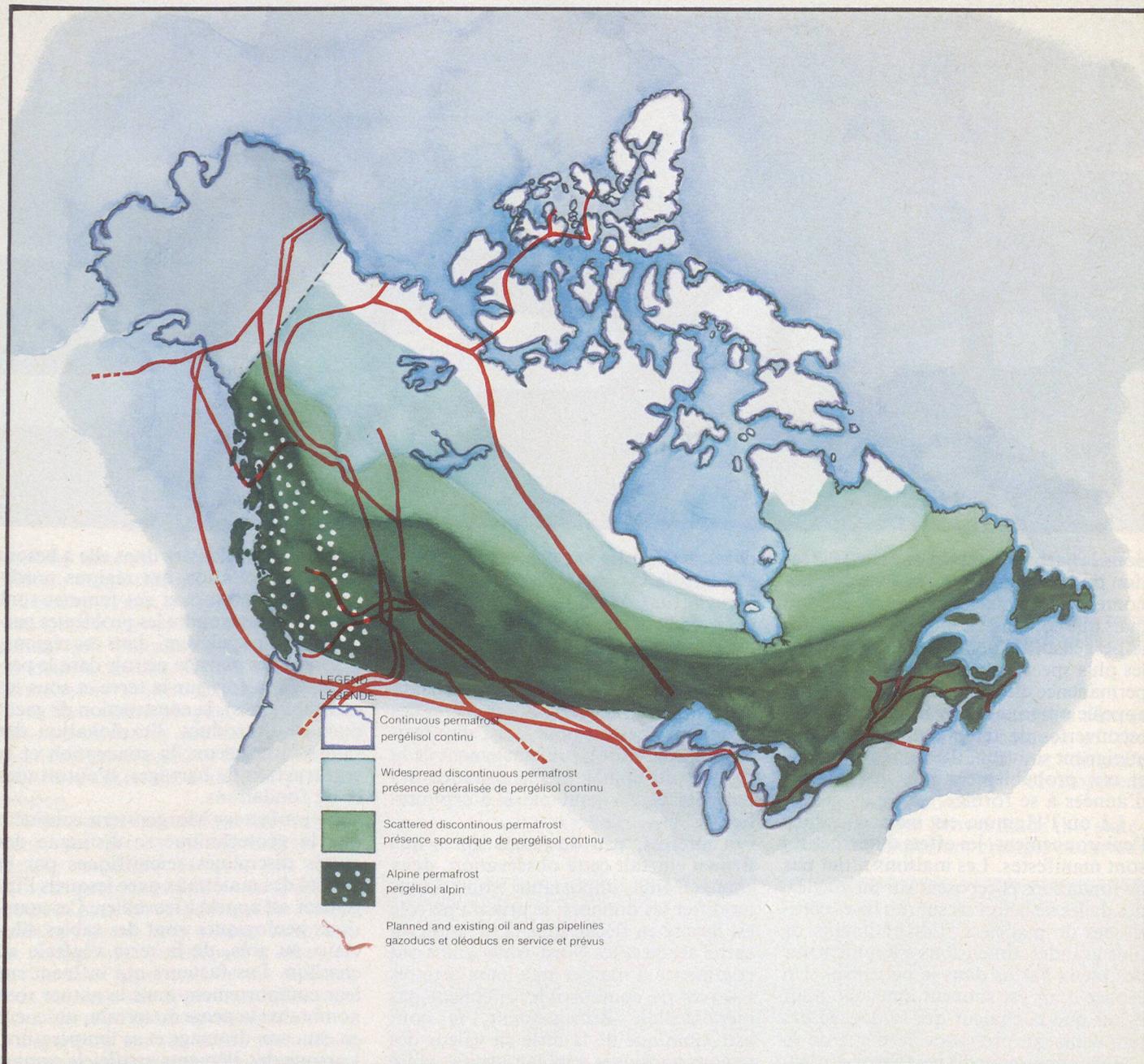
C'est alors qu'entre en scène le Département de génie civil de l'Université de l'Alberta, à Edmonton. Dirigé par le Dr Norbert Morgenstern, ingénieur canadien qui a séjourné plusieurs années à l'Imperial College de Londres, le département est l'une des écoles de géotechnique les plus renommées d'Amérique du Nord. Avec la collaboration du secteur industriel et l'appui soutenu d'organismes de financement comme le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG), le département a mis sur pied un programme de géotechnique de deuxième et troisième cycles, dont le but est de fournir à l'in-

dustrie les spécialistes dont elle a besoin pour l'exploitation des régions nordiques. Ces hommes et ces femmes sont formés pour résoudre les problèmes particuliers que soulèvent, dans ces régions, le forage des puits de pétrole dans le pergélisol (à la fois sur la terre et sous les mers arctiques), la construction de gazoducs et d'oléoducs, l'exploitation des sables bitumineux, la conception et la construction de barrages, d'autoroutes et de fondations.

Le professeur Morgenstern considère que la géotechnique se distingue des autres disciplines scientifiques par la variété des matériaux avec lesquels l'ingénieur est appelé à travailler. Ces matériaux géologiques vont des sables alluviaux au grès, de la terre végétale au charbon. Les facteurs qui influent sur leur comportement dans la nature sont nombreux: la pente du terrain, sa teneur en eau, son drainage et sa température. Lorsque des éléments artificiels comme des pieux ou des pipe-lines sont introduits, le tableau se complique davantage. Selon Morgenstern, le géotechnicien essaie de comprendre, de prévoir et de modifier le comportement de ces matériaux dans des conditions données, en jouant particulièrement sur les facteurs qui influencent le comportement frictionnel du sol végétal et de la roche.

Le problème posé par le dégel des sols en pente à la suite de l'introduction d'oléoducs fut évoqué pour la première fois en 1970 par A.H. Lachenbruch, géophysicien de l'U.S. Geological Survey, dans une étude sur la construction du pipe-line (alors à l'état de projet) qui transporte aujourd'hui le pétrole du nord de l'Alaska vers le sud jusqu'au port de Valdez d'où il est expédié aux États-Unis par pétroliers.

Dans l'étude en question, ce spécialiste attire en effet l'attention sur le ris-



(Alli Kurtis)

Permafrost begins in patches found as far south as the tip of James Bay, but is not continuously encountered until as far north as the Mackenzie estuary. Northward the frost underlying land and sea bottom may be 10 000 years old. Lines indicate existing and proposed pipelines for oil and gas transmission.

La limite sud du pergélisol discontinu descend jusqu'à la pointe de la baie de James; le pergélisol continu n'apparaît que beaucoup plus au nord, à la hauteur de l'estuaire du Mackenzie. Encore plus au nord, les terres et le fond marin recèlent un pergélisol qui est probablement vieux de 10 000 ans. Les lignes indiquent le tracé existant ou projeté des pipe-lines servant au transport du gaz et du pétrole.

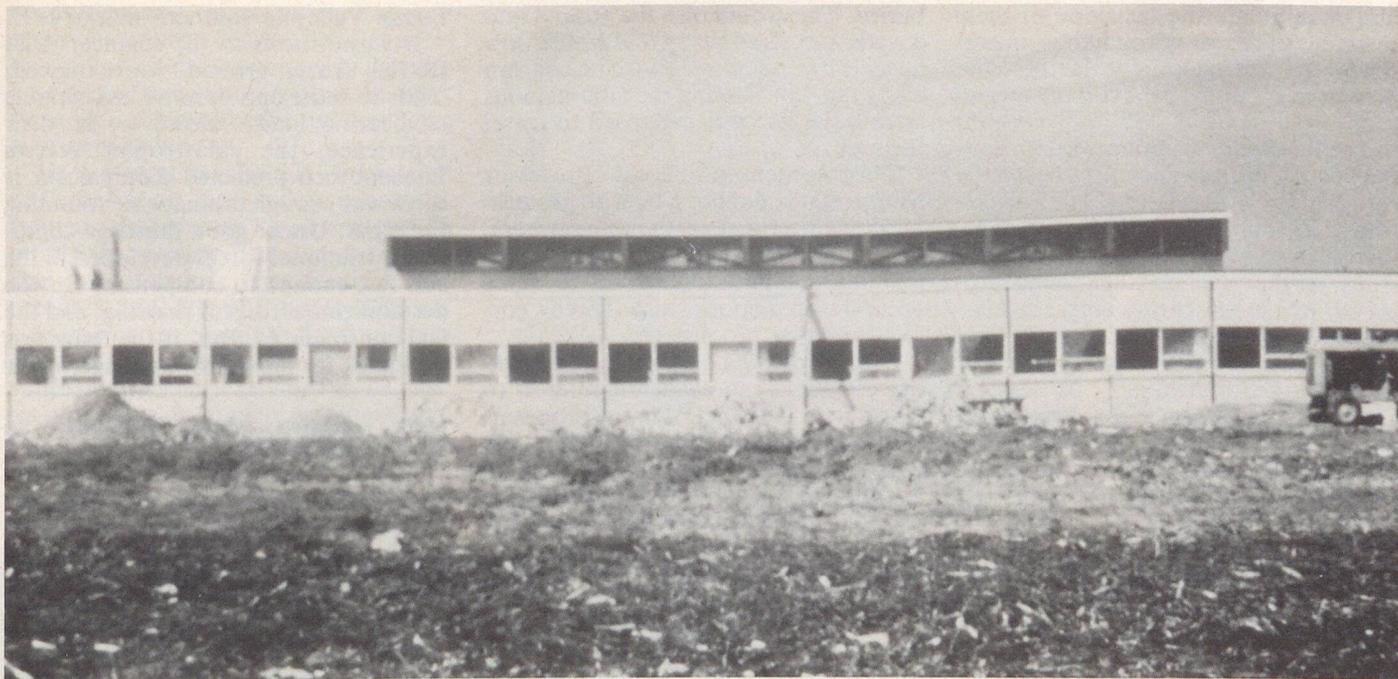
the Arab oil cartel drove prices up, and North Americans began to realize that their own supplies of fuel were finite. Suddenly, the high costs of northern development seemed justifiable, even unavoidable, and the physical problems and distance from markets became engineering challenges rather than outright barriers.

Enter the civil engineering department at the University of Alberta in Edmonton. Headed by Dr. Norbert Morgen-

stern, a Canadian engineer who spent years at London's Imperial College, the department is one of the leading geotechnical schools in North America. With co-operation from industry and continuing support from such funding bodies as the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC), the department has established a graduate program in geotechnical engineering. Its wide-ranging purpose is to provide the specialists needed by industry to work

in the north. These men and women are trained to deal with problems like oil-well drilling into permafrost (both on land and under arctic seas), oil and gas pipeline construction, oilsands mining, design and construction of dams, and highway and foundation construction.

Professor Morgenstern considers geotechnical engineering to be "remarkable in the variety of materials that are encountered in the practice of it." These earth materials range from alluvial sand to sandstone, from topsoil to coal. The factors that affect their behavior in nature are many — how terrain is sloped, its water content, drainage, and temperature. When artificial elements like pilings or pipelines are introduced, further complications arise. The geotechnical engineer, according to Morgenstern, tries to understand, predict,



(DFB)

que que la chaleur dégagée par le pétrole, dont on aurait porté la température à 70°C pour en assurer la fluidité, n'entraîne le dégel du pergélisol en contact avec des conduites enterrées et, dans le cas des terrains en pente, le fluage des sols ainsi transformés en une boue saturée d'eau. Il s'agissait là d'une inquiétude justifiée du fait de la nature accidentée des terrains que le pipe-line allait devoir traverser.

Si, comme le fait remarquer le professeur Morgenstern, rien dans ce que l'on avait observé ailleurs ne permettait de se rallier à cette thèse, il fallait toutefois reconnaître que les ingénieurs n'avaient ni les théories ni les ordinateurs qui leur auraient permis de prévoir les problèmes et de les prévenir.

Pendant ce temps, le problème commençait à sortir du cadre académique et à intéresser la population canadienne. Dès le début des années 1970, on annonçait le premier d'une longue série de projets de construction de pipe-lines qui traverseraient le Canada pour transporter le pétrole et le gaz naturel du delta du Mackenzie jusqu'aux marchés du sud en suivant la vallée du fleuve.

Les ingénieurs savaient déjà qu'un sol gelé ayant une forte teneur en glace avait tendance, en dégelant, à se tasser et à perdre une partie de sa capacité portante. L'expérience leur avait toutefois enseigné que les effets catastrophiques prévus par Lachenbruch ne se produisaient pas lorsque le drainage du sol entourant les pipe-lines était suffisant. Avec de bonnes conditions de drainage, il s'établit assez rapidement dans le sol des forces frictionnelles qui compensent sa déstabilisation par le dégel et le consolident. Toutefois, si la vitesse du dégel excède la capacité de drainage du sol, la

Construction in permafrost must contend with sudden, unexpected ground shifts, resulting in broken foundations or walls, or the total collapse of buildings and roads.

Les fondations et les murs des édifices construits sur du pergélisol peuvent être endommagés ou même complètement détruits par de soudains glissements de terrain qui peuvent également emporter les routes.



(DFB)

pression de l'eau s'accumule dans ses pores, ce qui réduit sa résistance frictionnelle, l'empêche de se tasser et de se consolider et provoque sa déstabilisation.

Le problème qui se posait aux ingénieurs était le suivant: comment établir les paramètres exacts de ce processus de gel-consolidation de façon à pouvoir effectuer les calculs nécessaires à la conception du pipe-line? Morgenstern et ses collègues entreprirent une série d'études théoriques et expérimentales. Des échantillons de sol furent prélevés en diffé-

rents endroits, reconstitués en laboratoire et soumis à des essais pour étudier leur comportement sous la pression des forces exercées par le dégel dans des conditions de température et de drainage variées. Les résultats de ces essais furent comparés aux prévisions théoriques et, petit à petit, un modèle mathématique prit forme.

En 1973, les ingénieurs mirent ce modèle à l'essai à l'aide d'un pipe-line expérimental de 27 m enterré dans le pergélisol d'Inuvik, dans les Territoires du Nord-Ouest. Les résultats furent

and manipulate the behavior of these materials under given conditions, in particular by keying on the factors that affect the frictional behavior of soil and rock.

The behavior of sloping, frozen soils thawed by oil pipelines first became a concern in 1970 when A.H. Lachenbruch, a geophysicist with the U.S. Geological Survey, drew attention to it in a study of the pipeline (then being proposed) which now carries northern Alaskan oil south across Alaska to the Port of Valdez where it is shipped by tanker to the United States.

Lachenbruch warned that heating the oil to 70°C so that it could flow through the pipeline would cause heat to radiate from the pipe, thawing the permafrost in which most of the line was to be

buried. This would turn the ground into a water-saturated slurry that would flow away if it were on a slope. The concern was valid, considering the mountainous terrain the line was supposed to travel through.

This contention, notes Professor Morgenstern, did not gibe with geotechnical engineering experience elsewhere, but engineers lacked the specific theories and computational tools to make accurate predictions, and thereby correct potential problems.

Meanwhile, the problem was becoming of more than academic interest to Canadians. The first of many proposals was being generated during this early 1970's period for pipelines to carry oil and natural gas across Canada from the Mackenzie River Delta along the Mac-

kenzie Valley to southern markets.

It wasn't news to the engineers that ice-rich frozen ground, when thawed, tends to settle and become less capable of bearing loads. However, in their experience, the catastrophic effects Lachenbruch predicted didn't occur if there was enough drainage surrounding the pipes. Under good drainage conditions, frictional forces developed in the soil fast enough to compensate for the destabilizing effects of thawing, and the soil consolidated. But, if the thaw was too quick for the rate of drainage, water

Melting permafrost resulted in this landslide in the Mackenzie River Valley.

La fonte du pergélisol a provoqué ce glissement de terrain dans la vallée du fleuve Mackenzie.



(N. Morgenstern)

encourageants. Ainsi qu'ils l'avaient prédit, la pression de l'eau dans les pores du sol, qui tend à provoquer sa déstabilisation, ne comptait que pour un quart de la contrainte effective qui contribue à sa consolidation.

Ils passèrent ensuite à la vérification de la théorie du dégel et de la consolidation en relation avec les glissements de terrain, particulièrement dans les sols de fine granulométrie (ces derniers sont reconnus pour être plus susceptibles aux glissements de terrain). Ils étudièrent deux emplacements situés le long de la vallée du Mackenzie et, une fois de plus, les prévisions du modèle mathématique furent corrélées par les mesures faites sur le terrain.

Bien que, dans les sols non affectés par le dégel, des défaillances soudaines et spectaculaires (glissements de terrains ou fractures de conduite) soient plutôt rares, des problèmes risquent de se manifester à la longue et de provoquer des dommages importants aux pipelines, aux bâtiments et aux tunnels. Il semble, en effet, que les sols gelés peuvent fluier. On sait depuis longtemps que la glace flue (à preuve, le lent glissement des glaciers) en raison des changements qui se produisent dans sa structure cristalline interne sous la pression de son propre poids. On peut donc s'attendre au fluage des sols contenant de la glace, son importance étant fonction de la quantité de glace présente.

L'un des collègues du professeur Morgenstern, le Dr Edward C. McRoberts, a tenté de calculer le fluage des sols gelés en pente en tenant compte de la profondeur du sol riche en glace et de l'inclinaison du terrain. Les valeurs qu'il a obtenues étaient beaucoup plus élevées que celles suggérées par l'observation superficielle in situ, montrant qu'il fallait tenir compte d'autres facteurs à identifier par des études sur le terrain.

Les chercheurs choisirent un site près de Fort Norman, en amont de Norman Wells, sur la rive sud de la Grande rivière de l'Ours à l'endroit où celle-ci se jette dans le Mackenzie. Ce site, composé d'un sol de fine granulométrie et à forte pente, se trouve dans la zone de pergélisol discontinu. De plus, il était prévu que le pipe-line de la vallée du Mackenzie traverserait la rivière à cet endroit.

Après avoir recueilli des données pendant plus de deux ans, les chercheurs découvrirent comme prévu que plus il y a de glace dans une zone donnée, plus son fluage ou son déplacement est important. Ce que les tests ont montré jusqu'ici, c'est qu'il existe des limites à l'utilisation d'échantillons de laboratoire; toutefois, les observations effectuées sur le site de la Grande rivière de l'Ours ont abouti à une série de données uniques pouvant être extrapolées à d'au-



(N. Morgenstern)

A sample of ice-riddled frozen soil.

Échantillon de sol gelé criblé de cristaux de glace.



(N. Morgenstern)

A buried pipeline test demonstrates how human influence can upset the environment. Experiments of this sort led to modern pipelines being elevated above ground level.

Un essai sur pipe-line enterré a permis d'évaluer les conséquences dévastatrices de l'intervention de l'Homme dans l'environnement. Des expériences de ce genre ont abouti à la construction des pipelines modernes au-dessus du sol.

pressures in the soil's pores would build up, reducing the frictional strength of the soil, hampering settlement and consolidation, and rendering it unstable.

The question was: How do you establish the exact relationships in this "thaw-consolidation" process in a way that allows engineers to make computations involved in pipeline design? Morgenstern and his colleagues undertook a battery of theoretical and experimental studies. Soil samples were taken from numerous locations, reconstituted in the laboratory, and tested for thaw-strain behaviour under various temperature and drainage conditions. Results were compared with theoretical expectations, and gradually a mathematical model was developed.

In 1973, the engineers tested the model with a 27-m experimental pipeline buried in permafrost at Inuvik, N.W.T. The results were encouraging. As predicted, the pressure caused by water within the soil pores, which tends to destabilize the soil, was only one-quarter of the effective stress which acts to consolidate the soil.

They went on to study thaw-consolidation theory as it relates to landslides, particularly where the permafrost exists in fine-grained terrain (such sites are known to be more slide-prone). They studied two sites along the Mackenzie Valley, and found again that the predictions of the model and actual measurements were well matched.

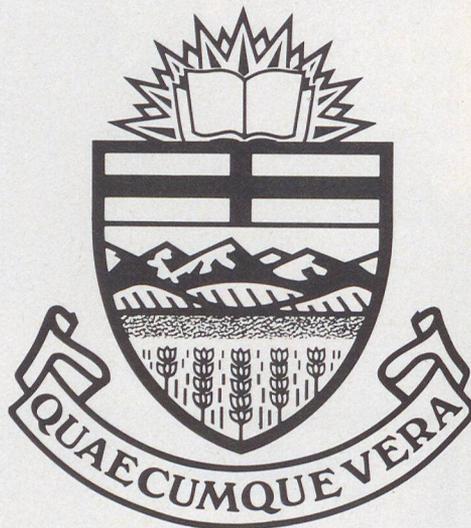
Although ground that stays frozen is not as likely to produce sudden and spectacular failures (like slides and washouts) as ground that thaws, it can still cause long-term, large-scale problems for pipelines, buildings, and tunnels. Frozen ground, it seems, can creep. Ice has long been known to creep (witness the ponderous stealth of glaciers) because of changes in the internal crystalline structure caused by the pressures of its own weight. Therefore, soils containing ice can be expected to do the same thing to some degree — and the higher the ice content the greater the creep.

One of Professor Morgenstern's colleagues, Dr. Edward C. McRoberts, attempted to calculate creep in frozen-soil slopes, taking into account the depth of the ice-rich soil and the inclination of the slope. The values he came up with were far higher than what had been expected from informal observations in the field, indicating that other factors had to be taken into account. Field studies were needed to determine these unknown factors.

A site was selected near Fort Norman, upriver from Norman Wells, on the southern flank of the Great Bear River near its confluence with the Mackenzie. The slope, high and steep, and com-

posed of fine-grained soil, lay in the discontinuous permafrost zone. And, it was to be a crossing point for the proposed Mackenzie Valley pipeline.

After more than two years of data collection, the researchers discovered that, as expected, the more ice in a zone, the greater its creep or movement. To date, the tests have shown only that



there are limitations to using laboratory specimens. Nevertheless, the field observations from the Great Bear study provide a unique set of data that may be extrapolated to other sites in the Western Arctic to evaluate landslide hazards.

As a result of these frozen-ground studies, the researchers have been able to develop state-of-the-art pile designs for buildings, and they contend that their findings can also be applied to tunnelling in frozen ground. Using tunnels for storage, transportation, and even living quarters has obvious attractions in the hostile environment — it saves energy and spares people from the rigors of life on the surface.

Besides dealing with the problems of permafrost when it thaws, and its penchant for movement while frozen, Morgenstern and his colleagues also turned their attention to problems encountered when unfrozen ground freezes. Potholes on city streets are a good example of this problem; freezing causes the ground to heave, and, of course, settle back when it thaws. The same problem confronts gas pipeline builders, since natural gas in the Arctic is chilled to about -10°C for transport through the pipeline to preserve the permafrost.

When gas pipelines are placed in permanently frozen soil, all is well, but in the discontinuous permafrost zones, this same pipeline with its chilled gas will freeze soil previously unfrozen.

It is the geotechnical engineer who must decide how to calculate the amount of frost heave likely to occur over the lifetime (perhaps 30 years) of the project, and to what extent heave will vary along the pipeline. If there is uneven heave along the line, especially at junction areas of frozen and thawed ground, how dangerous will be the strain on the pipe?

It has been known for some time now that certain types of soil heave more than others: clay more than sand, water-saturated more than dry, fine-drained more than coarse. The heave is also governed by the rate of freezing, the availability of water, and the loads applied to the soil.

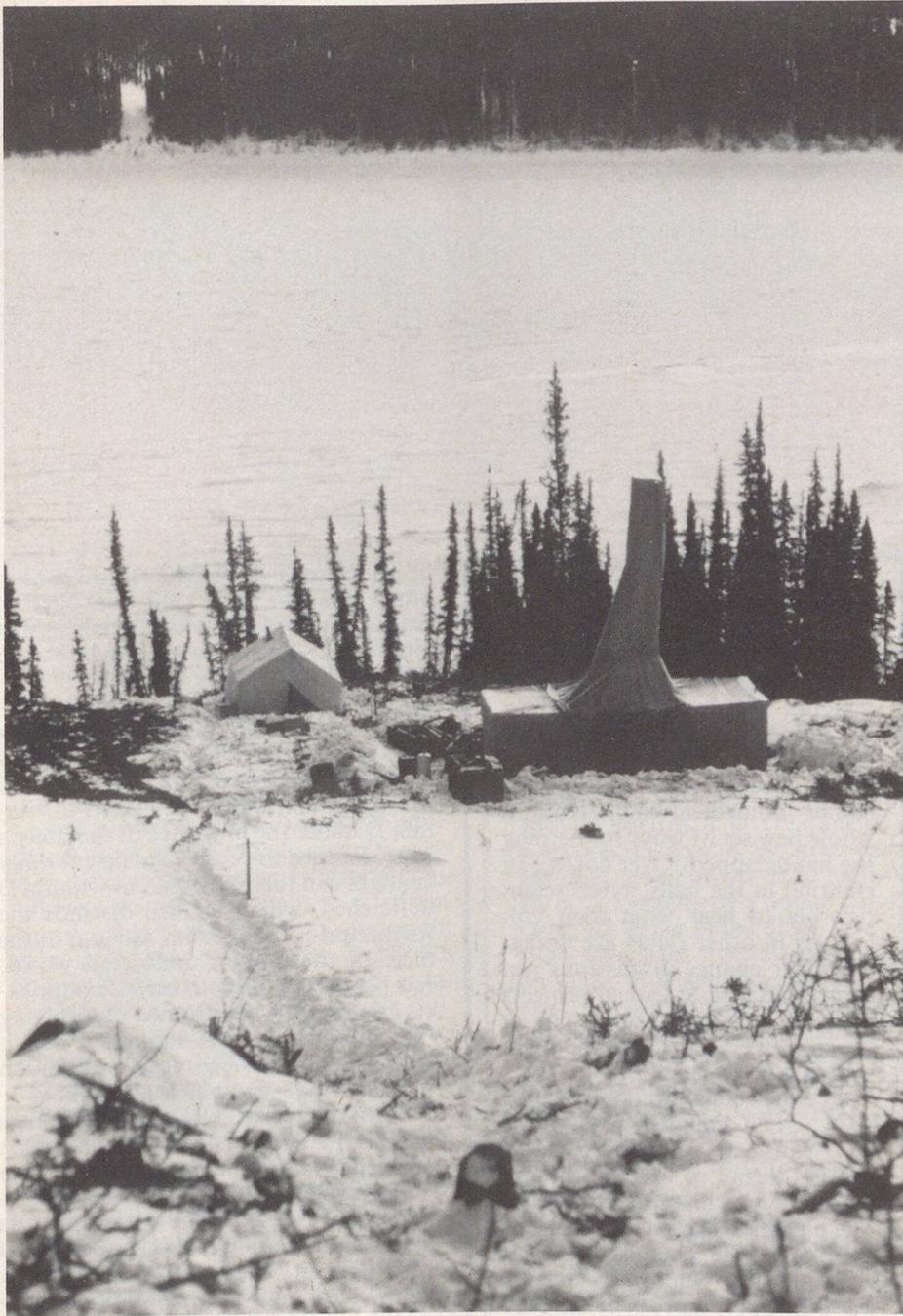
The physical phenomenon that makes the process so complex is the movement of water towards the front of frozen material (the 'frost front') as it moves out through the unfrozen soil. Studies on a test pipeline by University of Alberta engineers and their industrial colleagues in the late 1970's showed that the ground heaves as the frost front passes, but very little change occurs. These results correlated well with earlier laboratory and theoretical work. The engineers enlarged their study to consider how differences of temperature, both in the cold source (i.e. the pipeline) and the unfrozen ground affects this heave. Still to be wrestled into exact numerical terms is the relationship between rates of cooling and differential frost heave of a pipeline. The answers are in sight and will put the design of Arctic gas pipelines on firm theoretical ground.

So far, the geotechnical engineers have had to content themselves with verifying their theories with laboratory and field studies. The payoff for all this research on permafrost, at least as it applies to resource extraction, is still in the future. Definitive results of their work on relatively slow phenomena such as creep in frozen soils are a generation away.

Meanwhile, the researchers are still at work; they are looking into the properties of permafrost in saline soils, the implications of thawing around offshore wells, and the mechanical behaviour of pure ice. Says Professor Morgenstern: "Every year we make enormous strides in our ability to operate in the north, both on- and off-shore. What used to be a real adventure 10 or 12 years ago is now routine." □

Ellen Nygaard

Ellen Nygaard is a freelance writer working in Edmonton.



Emplacement du site expérimental de la Grande rivière de l'Ours.

Site of the Great Bear Lake permafrost test site.

tres sites de l'Ouest arctique pour évaluer les risques de glissement de terrain.

À la suite de ces études, les chercheurs ont mis au point des pieux d'un type très perfectionné pour les bâtiments et leurs résultats pourraient faciliter la construction de tunnels dans les sols gelés. Les avantages du tunnel pour l'entreposage, le transport et même l'habitation dans un environnement nordique hostile sont évidents: économie d'énergie et protection des habitants contre les rigueurs du climat en surface.

En plus des problèmes causés par le

dégel et le déplacement du pergélisol, Morgenstern et ses collègues ont également étudié ceux que cause le gel des sols non gelés. Les nids-de-poule que l'on observe dans la chaussée des villes en sont un bon exemple: ils sont dus au soulèvement et à l'affaissement alternés du sol sous l'action du gel et du dégel. Les constructeurs de gazoducs doivent également en tenir compte du fait que, pour assurer l'intégrité du pergélisol, le gaz naturel de l'Arctique véhiculé dans les canalisations est maintenu à une température d'environ -10°C qui provoquera le gel des sols non gelés dans les zones de pergélisol discontinu.

C'est au géotechnicien qu'il appartient de choisir la méthode de calcul la plus appropriée pour déterminer le sou-

lèvement susceptible d'être provoqué par le gel au cours de la durée opérationnelle de l'installation (pouvant atteindre parfois trente ans) et de quantifier ses variations d'amplitude le long du tracé du pipe-line. Il devra évaluer la gravité des sollicitations auxquelles le pipe-line serait soumis dans le cas d'un soulèvement non uniforme, particulièrement aux interfaces des sols gelés et dégelés.

On sait que certains types de sol sont plus sensibles au soulèvement dû au gel que d'autres: l'argile plus que le sable, un sol saturé d'eau plus qu'un sol sec, un sol de fine granulométrie plus qu'un sol de texture grossière. Le soulèvement est également fonction de la vitesse du gel, de la présence d'eau et des charges appliquées au sol.

Ce phénomène physique est rendu encore plus complexe par la migration de l'eau vers l'avant du matériau gelé (le "front de gel") à mesure qu'elle s'écoule dans les sols non gelés. Des études effectuées sur un pipe-line expérimental par des ingénieurs de l'Université de l'Alberta et du secteur industriel à la fin des années 70 ont montré que le sol se soulève au moment du passage du front de gel, n'entraînant toutefois que très peu de changements. Elles confirment les résultats des modélisations et des calculs théoriques antérieurs. Les ingénieurs ont élargi le champ de leur étude pour tenir compte des différences de température, tant dans la source froide (c'est-à-dire le pipe-line) que dans le sol non gelé, et de leur effet sur le soulèvement. Il leur reste encore à exprimer en termes numériques précis le rapport existant entre les vitesses de refroidissement et le soulèvement différentiel des pipe-lines. Ce rapport étant connu, la conception des gazoducs de l'Arctique s'appuiera sur une base théorique solide.

Jusqu'ici, les géotechniciens se sont contentés de vérifier la validité de leurs théories en les confrontant aux études in situ et en laboratoire. Il faudra patienter encore un peu (une génération dans le cas des phénomènes relativement lents comme le fluage dans les sols gelés) pour tirer tout le bénéfice attendu de ces travaux sur le pergélisol, du moins en ce qui concerne leur application à l'exploitation des richesses naturelles.

En attendant, ils continuent à étudier les propriétés du pergélisol dans les sols salins, les implications du dégel autour des puits en mer et le comportement mécanique de la glace pure. Comme nous l'explique le professeur Morgenstern: "Chaque année, nous accomplissons d'énormes progrès dans la maîtrise de l'environnement nordique, tant sur terre qu'en mer. Ce qui, il y a 10 ou 12 ans, était considéré comme une véritable aventure est maintenant devenu simple routine." □

Texte français: Line Bastrash

Laser production of vitamin D Sunshine in the test tube

One of the most promising frontiers in science today involves the use of lasers in industrial chemistry. While the topic has not attracted the same publicity as genetic engineering, by the end of the century many new and important materials will be produced by lasers.

Here in Canada, recent work on vitamin D production by a group of chemists at the National Research Council may enable Canada to become the first nation to put lasers into the chemical factory. The NRC chemists have developed a laser-mediated process that makes the manufacture of vitamin D much more efficient than existing industrial methods. One of the most important effects of this development will be on the animal feed industry, which currently uses most of the man-made vitamin D.

Chemical companies strive not only to develop improved products but also to make existing processes more economical by, for example, reducing the number of steps need in a product's synthesis or improving its yield. In each of these areas, new products and increased efficiency, the laser is going to play an important role. The concept behind its use is simple: chemical reagents are irradiated by laser light until new and, it is hoped, more useful reactions take place. During a normal chemical reaction, molecules interact with each other in low energy states and form a well-known range of products. But if they are first irradiated with intense laser light at a carefully chosen frequency, they become excited into higher energy states. In these excited states the molecules have different geometrical shapes and certain of their bonds are strained close to breaking point. The result: molecules that have first been excited by light will react to form selected products out of the range of normal possibilities.

One of a number of reactions Drs. Peter Hackett, Enzo Malatesta, and

At the crossover

Some scientific discoveries might never occur without a periodic melding of talents from various disciplines. Sometimes such liaisons yield a permanent new discipline: biology plus engineering equals biomedical engineering, a whole new set of ways for helping the handicapped. Over coffee, or chatting in the halls, NRC scientists get to hear what their colleagues in other fields are doing, and their chance discussions can sometimes lead to special projects with far-reaching results. For at the crossover of disciplines, much waits to be learned.

One such collaboration began in 1978, when members of NRC's Divisions of Chemistry and Physics began to explore the use of lasers in chemical processes. The physicists learned photochemistry, and the chemists learned laser physics. One of the results was a cheaper, more efficient way to make vitamin D. Now laser technology promises to find many more uses than the production of isotopes for atomic bombs. Soon, lasers may play a vital part in the new products and increased efficiencies of tomorrow's industrial chemistry.

Clive Willis of the Division of Chemistry decided to pursue was the production of vitamin D by light. The story of this vitamin begins in the smokey cities and ill-lit factories of the Industrial Revolution where a severe malformation of the bones, known as rickets, was prevalent. Early pioneers in the field of public medicine recognized that rickets could

be prevented by drinking fish-liver oils, but it was not until 1918 that doctors realized that the oil's vital ingredient was vitamin D — a substance crucial to the formation of healthy bones.

Under the influence of the sun's ultraviolet radiation, naturally occurring substances in the skin, such as 7-dehydrocholesterol, are converted into previtamin D, which then turns to vitamin D under the influence of the body's heat. Failure to receive sufficient daily sunlight can therefore lead to vitamin D deficiency, which in turn disrupts the formation of bone from calcium in the diet. In the modern industrial world, few people are likely to suffer from rickets because, in addition to recognizing the importance of sunlight, health authorities have encouraged the addition of man-made vitamin D to milk.

Until the recent NRC work, chemists had been unable to duplicate the body's efficiency in producing vitamin D from 7-dehydrocholesterol and ultraviolet light. The modern industrial process involves irradiating the starting material with light at 300 nm from a mercury lamp. Not only is previtamin D produced in this reaction but, in addition, its two molecular cousins, tachysterol and lumisterol. Even under optimum conditions only one-third of the 7-dehydrocholesterol is converted into previtamin D and chemists are then faced with the tedious process of separating out the biologically important product by fractional crystallisation.

By contrast the human body has 100 per cent production efficiency, since it uses enzymes to ensure that only previtamin D is formed. Enzymes are, in a sense, templates, and allow only one kind of reaction to occur. The laser chemists realized that, while they could not copy this biological mechanism, it might be possible to improve yields by carefully selecting the wavelength used for irradiation.

La vitamine D synthétisée au laser Du soleil en bouteille

L'utilisation des lasers en chimie industrielle est l'une des perspectives les plus intéressantes de la Science contemporaine et, même si on n'en parle pas autant que du génie génétique, ne doutons pas qu'un grand nombre de nouveaux produits importants seront fabriqués par ce moyen d'ici la fin du siècle.

De récents travaux du Conseil national de recherches visant à appliquer le laser à la synthèse de la vitamine D pourraient faire du Canada le premier pays à introduire dans l'usine de produits chimiques, ses chimistes étant en effet parvenus grâce à cet outil à un rendement très supérieur à celui des méthodes industrielles existantes. L'une des grandes bénéficiaires de ce progrès sera l'industrie de l'alimentation animale, qui est actuellement la principale consommatrice de vitamine D de synthèse.

Les fabricants de produits chimiques doivent sans relâche s'efforcer d'améliorer leurs produits et d'accroître la rentabilité de leurs méthodes de production en réduisant, par exemple, le nombre d'étapes que demande leur fabrication et c'est ici que le laser est appelé à jouer un rôle important. Son application s'appuie sur un principe simple qui consiste à focaliser un faisceau laser sur des réactifs chimiques jusqu'à ce que des réactions nouvelles et plus utiles soient déclenchées. Au cours des réactions chimiques ordinaires, des molécules non excitées réagissent entre elles pour donner une gamme de produits bien connus. Mais, lorsqu'elles sont soumises au rayonnement de faisceaux laser de haute intensité et de fréquence soigneusement déterminée, elles atteignent des niveaux d'énergie supérieurs. À ces niveaux d'excitation, leur configuration géométrique change et ceci produit des contraintes qui affaiblissent certaines de leurs liaisons. Les molécules ainsi excitées réagissent avec d'autres composés pour former des produits que l'on ne peut obtenir par les méthodes habituelles.

Au carrefour de la Science

Certaines découvertes scientifiques n'auraient jamais vu le jour si un échange périodique de connaissances entre diverses disciplines n'avait pas eu lieu. Cet échange aboutit parfois à la création de nouvelles sciences. C'est ainsi, par exemple, que l'union de la biologie et de l'ingénierie a donné naissance au génie biomédical.

En dégustant une tasse de café ou en se croisant dans les corridors, les scientifiques du CNRC entendent parler des travaux de leurs collègues et leurs conversations impromptues peuvent parfois aboutir à des réalisations de portée incalculable comme celle qui a vu le jour en 1978. Issue de la collaboration entre chercheurs des Divisions de chimie et de physique du CNRC, elle a conduit à l'application du laser à la chimie, permettant aux physiciens d'apprendre la photochimie et aux chimistes de découvrir la physique des lasers. Son aboutissement a été la mise au point d'un procédé de fabrication économique et efficace de la vitamine D. Aujourd'hui, la technologie des lasers laisse entrevoir des applications bien plus variées que la simple production d'isotopes pour la fabrication de bombes atomiques. Elle promet de jouer un rôle essentiel dans la mise au point de nouveaux produits et de contribuer à l'amélioration du rendement de l'industrie chimique de demain.

L'une des nombreuses réactions de ce type auxquelles se sont intéressés les Drs Peter Hackett, Enzo Malatesta et Clive Willis, de la Division de chimie, est la synthèse de la vitamine D. L'histoire de cette vitamine a commencé à l'époque de la révolution industrielle où, dans les villes obscurcies par la fumée des usines, il y avait de nombreux cas de graves déformations osseuses connues sous le nom de rachitisme. Les médecins d'alors, pionniers dans le domaine de la médecine préventive, avaient constaté que l'administration d'huile de foie de poisson pouvait prévenir cette maladie, mais ce n'est qu'en 1918 que la vitamine D, substance à laquelle on doit cet effet prophylactique, fut mise en évidence.

Sous l'effet des rayons ultraviolets de la lumière solaire, des substances naturelles contenues dans la peau comme, par exemple, le déhydro-7 cholestérol sont transformées en provitamine D, puis en vitamine D par la chaleur du corps. Le manque de soleil peut donc entraîner une avitaminose D qui affecte à son tour le mécanisme de fixation du calcium dans les os. Dans notre société moderne, le nombre de personnes atteintes de rachitisme est très faible car, en plus de souligner l'importance de s'exposer à la lumière solaire, les services de santé publique ont encouragé l'addition de vitamine D synthétique à certains aliments.

On n'était jamais parvenu à fabriquer cette vitamine industriellement avec l'efficacité du corps humain mais, grâce à de récents travaux de chimistes du CNRC, on peut maintenant l'approcher. Les procédés utilisés actuellement consistent à soumettre le matériel de départ au rayonnement lumineux de 300 nm émis par une lampe à vapeur de mercure. Ce rayonnement engendre non seulement la formation de la provitamine D, mais également celle de deux molécules apparentées, le tachystérol et

The xenon arc lamps used in the commercial production emit light in a range of wavelengths, whereas lasers irradiate at a single frequency only. If each of the three reaction products happened to be formed by light of a slightly different wavelength, then by carefully choosing

Rickets, a softening of the bones in growing animals because of vitamin D deficiency, was once prevalent in children in overcast and crowded urban centres. Research into rickets and osteomalacia, the equivalent in adults, led to the discovery of vitamin D, and to the knowledge that to produce it, the body needed sunlight.

Le rachitisme, qui se manifeste par le ramollissement des os chez les animaux en pleine croissance, est dû à une carence en vitamine D. Autrefois, il affectait également les enfants dans les centres urbains peu ensoleillés et surpeuplés. La recherche sur le rachitisme, appelé ostéomalacie chez les adultes, a permis de découvrir la vitamine D et de reconnaître le rôle important que la lumière solaire joue dans sa synthèse.

the laser, the chemists argued, it should be possible to determine the final product.

The group limited itself to those lasers which could eventually be scaled up to factory operation, beginning with a xenon chloride laser. However, the results were disappointing at first; they were no better than those from a conventional mercury lamp. The chemists then moved to a slightly shorter wavelength with a krypton fluoride laser; this time they found that the 7-dehydrocholesterol was converted to a mixture of about 70 per cent tachysterol and 26 per cent previtamin D. At first sight, this seems to be an even poorer result than the previous one, but after the chemists looked over the ultraviolet absorption spectra of these two products, they decided to attempt a second stage.

The major reaction product, tachysterol, was then irradiated with a second laser operating at a slightly different

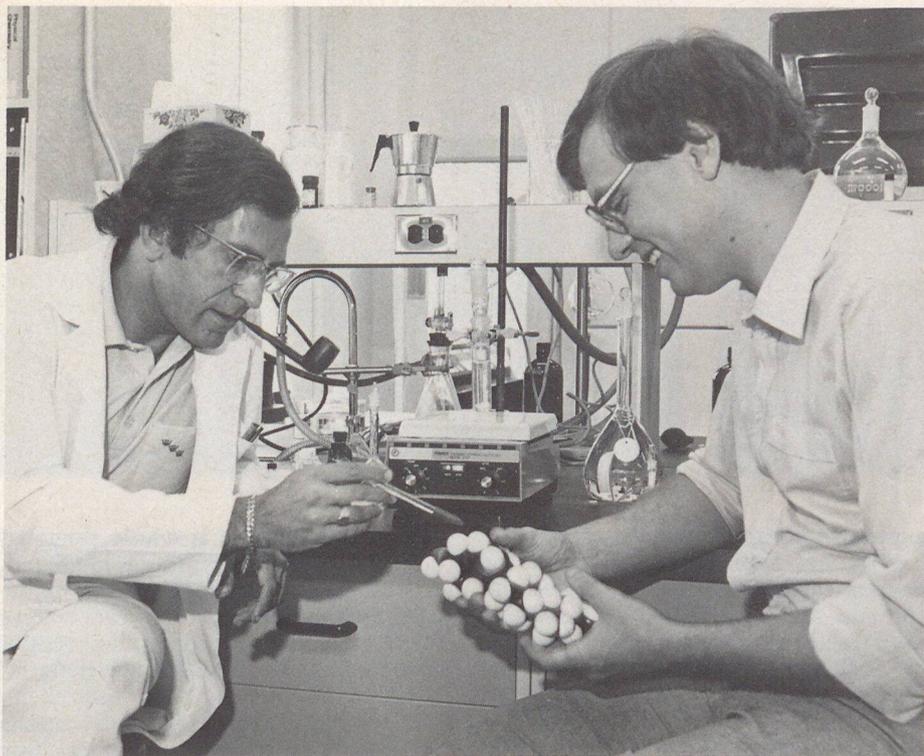
wavelength. During this second reaction all the tachysterol was converted to biologically useful material. Thus, by means of a two-stage laser process it was possible to produce previtamin D at close to 100 per cent yield.

The results from these trials were published in November 1981 in the Journal of the American Chemical Society (Vol. 103, p. 6781) and within days the group received a telephone call from the largest United States manufacturer of vitamin D enquiring about the process. The next stage, according to the research team, will be to find an industrial partner and set up a pilot plant to look into the economics of the new process.

The companies that should benefit most by the new NRC process are the suppliers of animal feeds, particularly in the poultry industry. Today's chickens spend most of their lives inside highly controlled breeding stations, and seldom see the light of day. Vitamin D supple-



(Public Archives of Canada/C-80430) (Archives publiques du Canada)



(Dan Getz)

Enzo Malatesta (à gauche) et Peter Hackett escomptaient bien un débouché commercial de leurs travaux, mais leur procédé s'est avéré si intéressant que l'on peut entrevoir son utilisation à l'échelle mondiale pour fabriquer la vitamine D qui serait ajoutée au fourrage des animaux.

NRC researchers Enzo Malatesta (left) and Peter Hackett expected some commercial benefits from their research when they began, but the procedure discovered is so successful that worldwide use in adding vitamin D to livestock feed appears likely.

le lumistérol. Toutefois, même lorsque la réaction est réalisée dans des conditions optimales, seul le tiers du déhydro-7 cholestérol est transformé en provitamine D et les chimistes sont alors confrontés avec la difficulté d'extraire ce produit important à l'aide d'une méthode laborieuse de cristallisation fractionnelle.

Dans le corps humain, par contre, le produit de départ est entièrement transformé en provitamine D grâce aux enzymes qui catalysent cette réaction. L'importance de ces substances réside en réalité dans le fait qu'elles ne favorisent le déroulement que d'un seul type de réaction. Réalisant cela, les chimistes du CNRC essayèrent d'obtenir un meilleur rendement en soumettant le produit de départ à un faisceau lumineux de longueur d'onde soigneusement sélectionnée.

Si chacun des trois produits de la transformation du déhydro-7 cholestérol est formé sous l'effet d'un rayonnement de longueur d'onde légèrement différente, pensaient-ils, en utilisant une longueur d'onde précise on pourrait peut-être obtenir un produit bien déter-

miné. Cette hypothèse les amena à substituer aux lampes à arc de xénon utilisées dans l'industrie et qui émettent à différentes longueurs d'onde des lasers dont les impulsions sont de fréquence unique. Ils n'utilisèrent toutefois que des lasers susceptibles d'être employés à l'échelle industrielle, commençant avec un laser au chlorure de xénon.

Au début, cependant, les résultats de leurs expériences furent décevants; ils n'indiquaient aucune amélioration par rapport à l'utilisation de la lampe à vapeur de mercure classique. Les chimistes adoptèrent alors un laser au fluorure de krypton produisant des impulsions de plus courte longueur d'onde. Cette fois-ci, ils constatèrent que le déhydro-7 cholestérol avait été transformé en un mélange comprenant environ 70% de tachystérol et 26% de provitamine D. À première vue, ces résultats semblaient être encore moins satisfaisants que les précédents, mais après avoir examiné le spectre d'absorption de ces deux produits, les chercheurs décidèrent de procéder à une seconde irradiation.

Le tachystérol, produit principal de la réaction, fut alors soumis au rayonnement d'un second laser de longueur d'onde légèrement différente. Cette irradiation aboutit à la transformation totale du tachystérol en provitamine D. Ainsi, à l'aide de ce procédé à deux étapes, il fut possible d'atteindre une production de provitamine D proche de 100%. (Voir (e), p. 21.)

Les résultats de ces essais furent publiés au mois de novembre 1981 dans le *Journal of the American Chemical Society* (Vol. 103, p. 6781) et, en l'es-

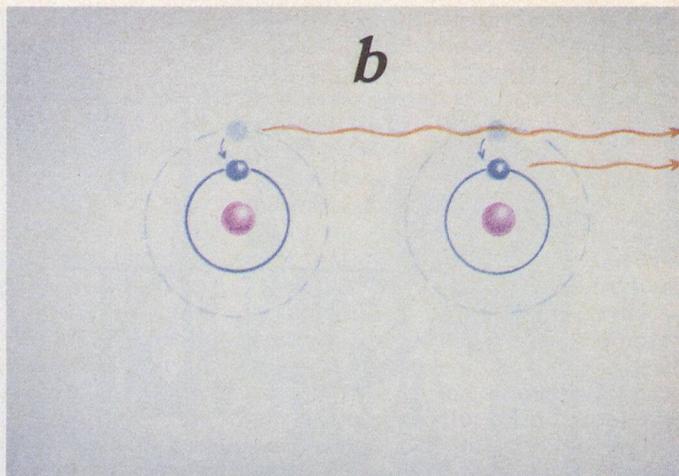
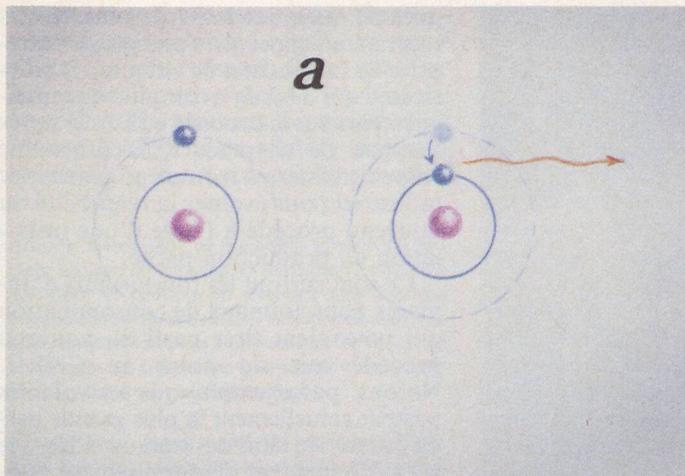
pace de quelques jours, les chercheurs reçurent un appel de la plus grosse entreprise de fabrication de vitamine D américaine qui désirait avoir plus de renseignements sur le procédé utilisé. D'après l'équipe de chercheurs, la prochaine étape consistera à trouver un partenaire industriel pour évaluer la rentabilité du nouveau procédé à l'aide d'une installation de production pilote.

Ce sont surtout les fournisseurs d'aliments pour animaux de consommation qui pourraient tirer parti du nouveau procédé mis au point au CNRC. Notons, par exemple, que les volailles passent actuellement la plus grande partie de leur vie dans des stations d'élevage à environnement rigoureusement contrôlé sans presque jamais voir la lumière du jour et, par conséquent, pour assurer leur bon développement, l'addition de vitamine D à leur diète s'avère indispensable. Mais, outre son application comme supplément alimentaire, la vitamine D est également utilisée pour des raisons thérapeutiques, sous une forme modifiée particulièrement coûteuse. En effet, chez certaines personnes atteintes d'une maladie hépatique particulière, le foie est incapable d'effectuer certaines modifications chimiques nécessaires à l'assimilation de cette vitamine. Or, ces modifications qui consistent à ajouter des groupes hydroxyles à des sites particuliers de la molécule pourraient être réalisées avec plus d'efficacité au laser et ceci contribuerait à rendre le prix de la vitamine hydroxylée bien plus abordable.

Le CNRC a déjà fait une demande de brevet auprès des autorités canadiennes et américaines pour l'exploitation du procédé de synthèse au laser et on espère qu'une entreprise canadienne se montrera bientôt intéressée. Les chimistes du CNRC estiment toutefois que l'on pourrait encore abaisser le coût de production de la provitamine D en remplaçant le laser au fluorure de krypton par une lampe à vapeur de mercure moins coûteuse, opérant à une longueur d'onde de 254 nm, puis en soumettant le produit obtenu à un faisceau laser de 330 nm.

Le procédé du CNRC représente la première application des lasers à la production industrielle de produits chimiques et il pourrait fort bien ouvrir la voie à toute une série de nouvelles méthodes de synthèse au laser. On prévoit déjà qu'au cours des quatre prochaines années de nombreux procédés industriels faisant appel à des impulsions de longueurs d'onde précises verront le jour. Le Canada s'est sans doute placé au premier rang dans ce domaine, mais il faudra déployer de sérieux efforts pour résister à la concurrence internationale et s'y maintenir. □

Texte français: Anne Hlavats



ments are thus essential to normal bone growth. Apart from its use as an additive in many human foods, it is also required in a modified form by a small group of people who suffer from an unusual liver disease. In this condition, the liver cannot perform a chemical change on the vitamin which is essential to the molecule's proper physiological function. The reaction, which involves adding hydroxyl groups to the molecule at precise locations, may be made more efficient by using lasers, according to NRC chemist Peter Hackett. Hydroxylated vitamin D is currently a very

expensive pharmaceutical.

NRC has applied for patents on the process in both the United States and Canada and hopes that a Canadian manufacturer will show interest. The NRC chemists believe that the costs of the process can be reduced even further by completing the first stage with a cheaper mercury resonance lamp working at 254 nm in place of the krypton fluoride laser, and then irradiating by laser at 330 nm for the second stage.

This process ranks as the first application of lasers in the commercial production of chemicals, and may herald

the introduction of a whole range of industrial chemical syntheses mediated, at least in part, by lasers. The predictions are that the next four years will see the introduction of industrial processes based on such "selected wavelength" chemistry. While the NRC laser chemists feel that Canada is presently among the leaders in the area, such a position can be quickly lost in the competitive international industrial arena. □

David Peat

Dr. F. David Peat is a freelance writer working out of Ottawa.

"Laser" is an acronym for Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. In the first lasers, the emitted radiation was ruby red; modern lasers, after two decades of improvement, now "lase" in all the colours of the rainbow, plus the invisible wavelengths of ultraviolet (which suntans you) and infrared (which is what you feel when you put your hand beneath a heatlamp). Early lasers fired in a short pulse or "zap"; current lasers can lase continuously, and can even be tuned to lase at various wavelengths.

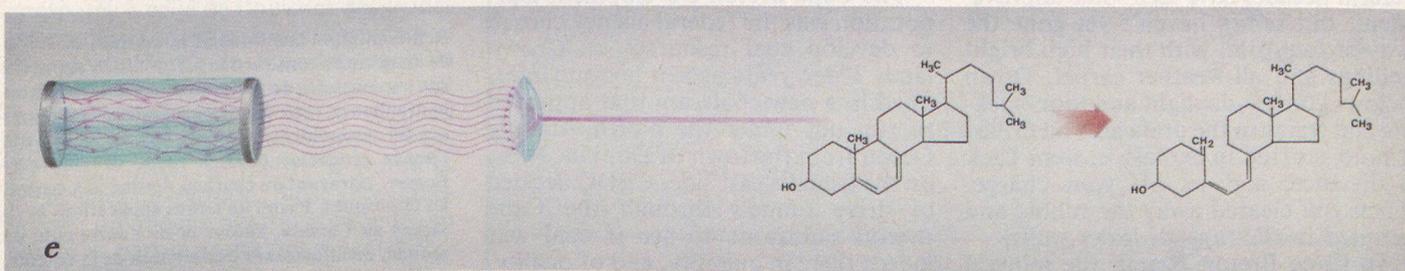
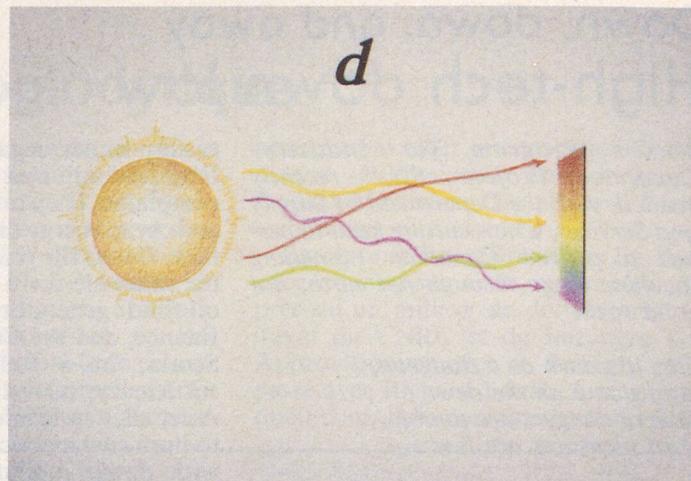
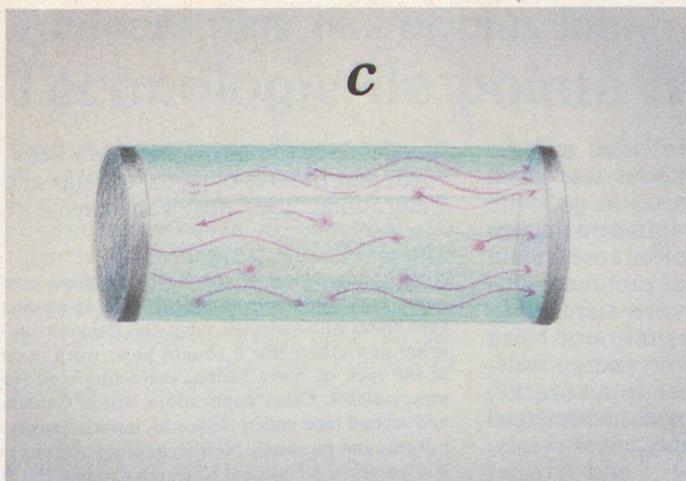
Atoms and molecules of all kinds absorb or emit energy in what are called "quanta" — exact bundles, between which no intermediate stages are allowed. These bundles of electromagnetic energy are called photons, more loosely defined as the elementary particles of light. Each atom or molecule only absorbs photons of certain energy levels; those photons not on the quantum "hit list" are simply ignored — that is, the light is transmitted.

To operate a laser, its atoms or

molecules are first excited, and as this excited state decays, photons are emitted characteristic of the laser's light. (a) The first such photons encounter other atoms or molecules within the laser which are still excited, and stimulate them (the S in laser is for Stimulated, remember) to emit similar photons. Unlike ordinary monochromatic (single wavelength) light, however, *every emitted photon is in phase with all the others* in lasers. (b) This wavelength "lock-step" amplifies the energy of the beam. Thus, the light that a laser emits is of only one colour, and can be accurate to fractions of a nanometre. (c) Every wave train, moreover, is working to reinforce those of its fellow photons. This light, unique to the laser, is called "coherent." All other light, from whatever source — sun, flashlight, candle, star — is "incoherent." (d) That is, it comprises a jumble of wavelengths or, even if monochromatic, its lightwaves are out of phase.

Coherent light from a laser has some fascinating properties. There is

practically no divergence in the beam, so that, while the world's best searchlight would spread out to invisibility within (at most) a few kilometres, a laser beam stays tight for hundreds of thousands of kilometres. Lasers pack immense amounts of power into their light beams. During its billionth-second pulse, NRC's COCO-II research laser is putting out as much power as the rest of Canada combined — and when that energy is "coupled" into a target, the beam can drill holes or even blow the target into plasma. The property that makes lasers so useful for industrial chemistry, however, is their precise wavelength. In applications like the production of vitamin D from a precursor molecule, a laser is simply an infinite reservoir of quanta which, poured into a solution at the flick of a switch, stimulates just what atoms need stimulating, to just the right degree to effect the desired chemical change; in graphic (e), p. 21, laser light is changing tachysterol to previtamin D.



(John Bianchi)

Le laser (acronyme anglo-saxon de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) a bénéficié d'améliorations importantes au cours des deux dernières décennies. Tandis que les premiers lasers émettaient uniquement dans la couleur rouge du spectre, les lasers modernes peuvent produire des impulsions lumineuses dans toutes les couleurs visibles et même dans l'ultraviolet et dans l'infrarouge qui sont des longueurs d'onde invisibles. Si les premiers lasers ne pouvaient produire que de brèves impulsions, les instruments aujourd'hui à notre disposition peuvent travailler en continu et à différentes longueurs d'onde réglables.

Les atomes et les molécules de toutes sortes absorbent ou émettent de l'énergie sous forme de "quanta" et, par ce mécanisme, ils peuvent atteindre des niveaux d'excitation bien déterminés. Ces quanta d'énergie électromagnétique sont également appelés photons ou, en termes plus généraux, particules élémentaires de lumière. Lorsqu'un faisceau de photons est focalisé sur des atomes ou des molécules, ceux-ci n'absorbent que les particules qui sont chargées d'une quantité d'énergie précise et laissent passer les autres sous forme de lumière.

Pour déclencher un laser, on sou-

met le milieu utilisé à une source d'excitation. Une fois excités, les atomes ou les molécules atteignent des niveaux d'énergie supérieurs puis regagnent leur niveau d'énergie fondamental et leurs transitions s'accompagnent de l'émission de photons qui caractérisent la lumière laser. (a) Ces particules énergiques entrent par la suite en collision avec des atomes ou des molécules encore excités et, sous l'effet de cette "stimulation", une émission supplémentaire de photons se produit. Contrairement à la lumière monochromatique (composée d'une seule longueur d'onde) ordinaire, la lumière laser est composée de *photons qui vibrent toujours à l'unisson* et cette propriété contribue à amplifier la puissance du faisceau. (b) Ainsi, non seulement les lasers émettent-ils des faisceaux de couleur pure et de longueur d'onde définie à une précision de l'ordre (c) de quelques fractions de nanomètre, mais encore ils opèrent de telle sorte que chaque train d'impulsions qu'ils produisent agit sur le suivant en le stimulant. (d) Cette propriété de la lumière laser, dite cohérence, est ce qui la rend unique en son genre. Toutes les autres lumières, quelle que soit leur source, sont dites "incohérentes" car elles sont composées d'une multitude de longueurs d'onde qui

sont, par ailleurs, déphasées même lorsqu'il s'agit de lumière monochromatique.

Grâce aux propriétés fascinantes de la lumière cohérente, il n'existe pratiquement aucune divergence dans les faisceaux laser, et tandis que les impulsions lumineuses émises par les projecteurs les plus puissants se dispersent à une distance maximale de quelques kilomètres, dans les faisceaux laser elles demeurent concentrées sur des distances des centaines de milliers de fois supérieures. Ces faisceaux acheminent, par ailleurs, une quantité d'énergie énorme. C'est ainsi, par exemple, que pour chaque impulsion d'un milliardième de seconde, le COCO-II, laser de recherche du CNRC, produit autant d'énergie que tout le reste du Canada et, une fois focalisée, cette énergie peut perforer une cible ou la transformer en plasma. C'est cependant la précision de leur longueur d'onde qui rend les lasers si précieux pour l'industrie chimique. Agissant comme d'énormes réservoirs de quanta qui permettent de stimuler certains atomes sélectivement et d'engendrer les réactions chimiques désirées, les lasers trouvent de plus en plus d'applications; leur rôle dans la production de vitamine D synthétique n'en est qu'un exemple.

Down, down, and away High-tech down low

NRC's Program for Industry-Laboratory Projects, PILP, recently funded, with the Department of Supply and Services, a new cutting head to permit a proven Canadian tunnelling machine to go through not earth, but solid rock.

*Oh, it's dark as a dungeon,
And damp as the dew:
Where dangers are double,
And pleasures are few . . .*

It's been like that since ancient times. Recent decades have seen some improvement, but mines haven't yet gone the way of factories, with their high bright ceilings and all-weather carpet. Down below, you left daylight and took buckets and trains to the oreface. You drilled a hole, stuffed in explosive, went back a distance, and set off your charge. Then you cleared away the rubble and grouted in the ragged, leaky walls.

In Cape Breton Island, the mineral sought was coal. Nova Scotians have been digging it out for over a hundred years, and the harshness of that life is legend. When oil replaced coal in factories, homes, and powerplants, the

eastern mines began to close; and the Islanders adjusted without too much complaint. They turned to the good life and cheap energy that waited on the surface. But as the price of oil rose, so did the rationale for a coal economy. The oil-fired generators were ruinous to finance, and the Government of Nova Scotia, in a bid for energy self-sufficiency, turned back to anthracite. After all, new technologies had emerged to burn coal more cleanly, more evenly, with fewer pollutants, and greater efficiency.

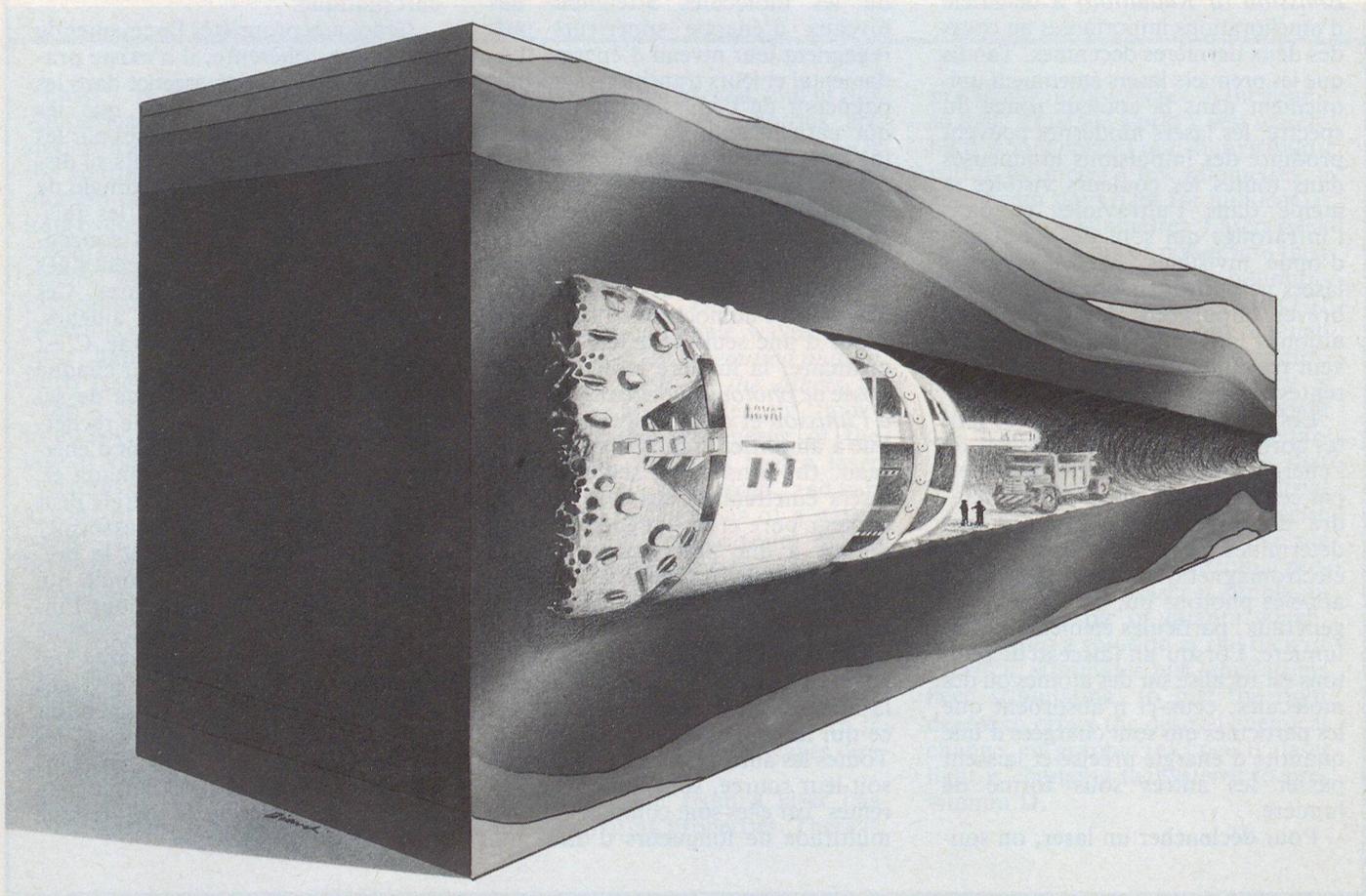
The Cape Breton Development Corporation was the federal agency chosen to develop coal resources on Crown land. Three years ago, it became interested in a new coal seam that appeared to run out under the North Atlantic Ocean from the town of Donkin, N.S., on the Island's east side. CBDC decided to drive tunnels through the Cape Breton sandstone to see if coal was indeed there in quantity, and of quality, fit to mine. They called for tenders to do this work, assuming traditional drill-and-blast techniques.

And yet the hazards seemed high: blasting is hard on more than miners, it

is ungentle to the earth. Strata are weakened, and fissures open to leak gas and water. One does *not* want this with

Artist's impression of the 7.5-m machine now under development in Toronto. Pushing against liner plates with hydraulic rams, this immense tunneller and others like it should be at work soon in the rock of Nova Scotia, extracting coal for power plants. Other applications within Canada and around (and under) the world, include bauxite, potash, and tar sands. New technology was accelerated under a National Research Council PILP (Program for Industry-Laboratory Projects) contract with Lovat Tunnel Equipment.

Représentation artistique de la machine de 7,5 m de diamètre en construction à Toronto. S'appuyant sur les voussoirs de revêtement à l'aide de vérins hydrauliques, cette énorme excavatrice et d'autres qui lui ressemble devraient être au travail dès l'année prochaine dans la roche de Nouvelle-Écosse, extrayant du charbon destiné aux centrales électriques. Parmi les autres applications envisagées au Canada, autour et de l'autre côté du monde, mentionnons l'exploitation de la bauxite, de la potasse et des sables bitumineux. La mise au point de cette nouvelle technologie a pu être accélérée grâce à un contrat passé avec Lovat Tunnel Equipment Inc. dans le cadre du Programme des projets "Industrie-Laboratoires" (PPII) du Conseil national de recherches.



(John Bianchi)

Toujours plus bas et plus loin

Technologie de pointe troglodytique

Dans le cadre de son Programme des projets "Industrie-Laboratoires" (PPIL), le CNRC a récemment financé, conjointement avec le ministère des Approvisionnementnements et Services, la mise au point d'une nouvelle tête fraiseuse devant permettre à une machine excavatrice canadienne ayant déjà fait ses preuves d'opérer, cette fois, non pas en sol meuble mais en sol rocheux.

Malgré les quelques améliorations enregistrées au fil des dernières décennies, la vie du mineur de fond ne peut guère être comparée à celle de l'ouvrier des usines modernes bien éclairées et climatisées. Arrivé au fond de la mine, que la lumière du jour n'atteint pas, il lui faut acheminer les berlines de la cage au front de taille, creuser un trou, le bourrer d'explosifs, se mettre à l'abri et déclencher l'explosion, puis, après enlèvement du minerai abattu, consolider au coulis les parois suintantes et scarifiées.

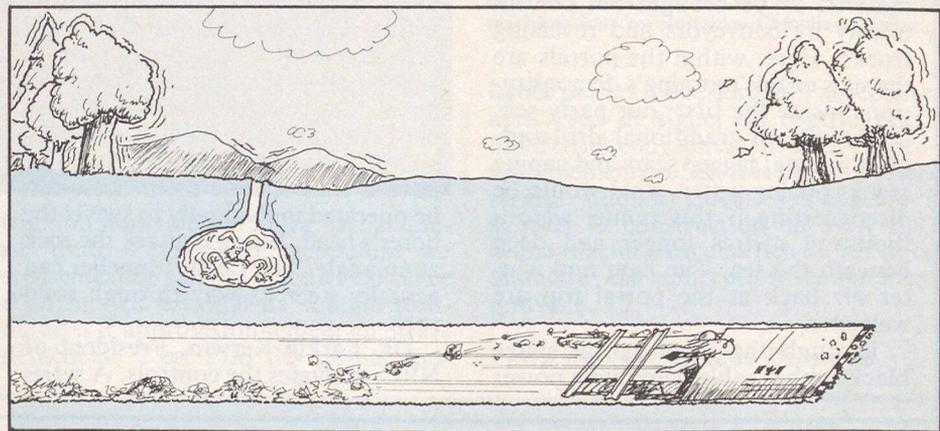
Sur l'île du Cap Breton, c'est le charbon qu'on exploitait. Les habitants de la Nouvelle-Écosse l'exploitent depuis plus de cent ans et l'âpreté de leur existence est légendaire. Lorsque le pétrole vint remplacer le charbon dans les usines, les maisons et les centrales, les mines de l'Est commencèrent à fermer leurs portes et les habitants s'adaptèrent sans trop de difficultés, conquis par la vie agréable et l'énergie bon marché qui les attendaient à la surface. Mais, avec la soudaine flambée des prix du pétrole, le retour au charbon semblait justifié. Le coût de l'alimentation des centrales devenant prohibitif et souhaitant atteindre l'autosuffisance énergétique, le gouvernement de la Nouvelle-Écosse décida de revenir à l'anthracite. Après tout, la technologie moderne permettait maintenant de brûler le charbon plus uniformément, plus efficacement et en produisant moins de polluants que jamais.

L'organisme fédéral choisi pour l'exploitation du charbon du sous-sol de la Couronne est la Société de développement du Cap Breton (SDCB). S'intéressant à une veine de charbon qui, partant de Donkin, sur la côte est de l'île, semblait se prolonger sous l'Atlantique nord, cette compagnie décida il y a trois ans de creuser des galeries dans le grès de Cap Breton pour voir si le gisement était qualitativement et quantitativement valable. Elle lança donc des appels d'offres pour des travaux dont elle entrevoyait l'exécution par les méthodes habituelles de forage et de sautage.

Notons, cependant, que les risques semblaient élevés car les explosions n'affectent pas que les mineurs, entraînant

en effet un affaiblissement des sols et provoquant des fissures qui favorisent les fuites de gaz et d'eau. C'est absolument à éviter lorsqu'on se trouve sous une masse rocheuse de 400 m d'épaisseur sous l'océan. Heureusement, la technologie offrait, là aussi, une solution sous la forme d'une énorme machine excavatrice capable de creuser des galeries dans les sols rocheux. Le creusement d'une galerie est une opérá-

tion simple; la machine laisse derrière elle des parois lisses qui assurent une meilleure distribution des contraintes, diminuant de ce fait les risques d'effondrement, et qui simplifient considérablement les problèmes de ventilation parce qu'elles offrent moins de résistance à la circulation forcée de l'air. Tout comme l'emploi d'une mèche à bois au lieu d'un clou prévient l'éclatement de la planche, le recours à une galerie crée des conditions de travail moins dangereuses.



tion simple; la machine laisse derrière elle des parois lisses qui assurent une meilleure distribution des contraintes, diminuant de ce fait les risques d'effondrement, et qui simplifient considérablement les problèmes de ventilation parce qu'elles offrent moins de résistance à la circulation forcée de l'air. Tout comme l'emploi d'une mèche à bois au lieu d'un clou prévient l'éclatement de la planche, le recours à une galerie crée des conditions de travail moins dangereuses.

Fort de l'expérience acquise avec une excavatrice conçue pour les terrains de résistance faible et fabriquée par Lovat Tunnel Equipment Inc., de Toronto, un des soumissionnaires du projet Donkin-Morien, Beaver Underground Structures, de Montréal, vit immédiatement tout l'intérêt de la nouvelle méthode de forage. La réputation du matériel Lovat n'est plus à faire, les machines de cette marque comptant parmi les meilleures du monde dans cette catégorie. Elles sont robustes, perfectionnées et fiables. Dans le cas de l'aménagement du réseau d'égoûts de Kansas City, Beaver était parvenue, au bout de deux années, à prendre une avance de 50% sur son plus proche concurrent.

Beaver souhaitait donc recourir à la technologie Lovat pour exploiter le charbon du Cap Breton, mais les machines existantes étaient conçues pour travailler dans la terre et non dans la roche. La question se posait alors de savoir si le Conseil national de recherches ne

pourrait pas aider ce consortium canadien à soumissionner pour le projet Donkin-Morien en faisant appel à une technologie plus avancée. La réponse fut affirmative. En l'espace de cinq semaines, un contrat de près de un million de dollars portant l'aval du CNRC et du ministère des Approvisionnementnements et Services était passé avec Richard Lovat. Aux termes dudit contrat, la compagnie s'engageait

à modifier la machine qui s'était si bien comportée à Kansas City en mettant au point une nouvelle tête fraiseuse capable de forer dans une roche offrant une résistance à la compression pouvant atteindre 104 000 kPa (15 000 psi), c'est-à-dire comparable à celle des couches qui recouvrent le charbon de la Nouvelle-Écosse. Achevée dans le temps record de neuf mois, l'excavatrice modifiée était présentée aux journalistes et aux représentants du gouvernement sur le chantier de Donkin-Morien le 16 février 1982. La démonstration s'avéra un succès complet (voir encadré).

Quels avantages le Canada peut-il en attendre? Avant d'approuver le contrat de Lovat, le Bureau du développement industriel du CNRC avait déjà identifié d'importants marchés nationaux et étrangers pour du matériel canadien pouvant opérer dans la roche dure ou tendre. Des minerais comme la potasse pourraient également être exploités avec plus de sécurité et l'on a l'attrayante perspective de pouvoir travailler dans les sables bitumineux de l'Ouest sans risquer de compromettre l'équilibre écologique qu'affectent les actuelles méthodes d'exploitation à ciel ouvert. Si l'on parvenait à construire des machines de 7 à 8 m de diamètre pouvant opérer dans le granite du bouclier canadien, des métaux comme l'or, le cuivre et l'argent pourraient être exploités plus rapidement et avec une sécurité jamais encore atteinte. Mentionnons, enfin, tout l'in-

Last February in Nova Scotia there was a "wheel turning" ceremony to mark the start-up of the Lovat Tunneller, a new means of mining Maritime coal. Science Dimension's Bill Atkinson was there.

Donkin, Cape Breton Island: Two immense concrete gates, or portals, mark the opening to the mineshafts at the Donkin-Morien test site. Today, many modern mines begin like this — a ramplike tunnel sloping into the earth rather than a vertical hole with branching galleries. This permits material to be brought out continuously by conveyors and reversing trucks. Here, within the portals are the sites of this morning's demonstration. Inside the first, our party sees the results of traditional drill-and-blast mining: jagged scars and gaping cracks oozing water. That would be disconcerting if this tunnel were a thousand metres longer and deep beneath the sea. The light and winter air back at the portal top are welcome.

Through the other portal snake black rubber cables supplying power

to the Lovat tunnelling machine below. In the last week, this great mechanical worm has burrowed nearly five times its length into the Cape Breton bedrock.

Since similar electric-powered machines will soon be mining coal to be burned in power plants, they will really be digging for their own food. This borer has not yet been turned on today, but along the tunnel we see signs of its passage. The walls about us are as smooth as if they have been plastered. An engineer informs us that the Lovat tunneller leaves walls like this, which are then hand-fitted with steel or concrete liner panels.

In groups of five, we enter the tunneller itself, a reinforced cylinder 4 m in diameter. The machine moves ahead by pressing against the liner panels behind it. The six hydraulic pistons that control the process can be operated individually to swivel the borer's head, letting it attack the rock at an angle. The Lovat tunneller can actually steer its way through solid rock.

Dr. Larkin Kerwin, President of NRC, activates the controls. A series

of *whooshes* rising in tone signal the startup of the tunneller's 300-HP (224-kW) electric motors, which in turn drive hydraulic pumps. Before us, the inside surface of the new cutting head starts to revolve. Heavy slabs of stone and clay fall on the central conveyor and are pulled back toward the surface. The noise is tolerable; there is no need to shout. Spotlights send narrowing shadows through the dust. In routine operation, Lovat tunnellers use a water spray to lubricate the head and clear the air; operators — one almost hesitates to call them "miners" any more — will not even need to breathe through masks.

The test is over. Controls are adjusted; solenoids snap. The machine has already done in minutes what it would have taken a team of men with drills and explosives an hour to do. We turn and troop back to the surface, which seems strangely less sweet than it had after Portal One. Why is that? Is this mine now so much less threatening?

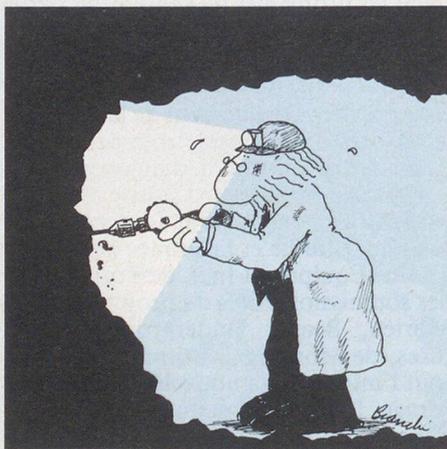
400 m of solid rock and an ocean overhead. Here, too, technology offered a solution — in the form of huge machines for boring tunnels through rock. Tunnelling is gentle: a borer leaves behind a smooth wall which distributes stresses better, lessening the chance of cave-in; that makes it much easier to provide essential ventilation, since the smooth tunnel provides less resistance for the fans that move air around. For much the same reason that a drill will not split a plank where a nail would, a tunnel creates a safer working environment.

Beaver Underground Structures of Montreal, bidding on the Donkin-Morien project, saw the logic of the new approach to mining; it had been convinced by using a Canadian soft-ground tunneller produced by Lovat Tunnel Equipment Inc. of Toronto. Lovat tunnellers had already proven themselves among the best of their kind in the world. They are rugged, sophisticated, and dependable. In one Beaver contract for boring sewer lines in Kansas City, a Lovat machine had outdistanced its nearest competitor by 50 per cent over two years.

Beaver wanted to involve Lovat technology in mining Cape Breton coal, but existing Lovat machines were designed for working in earth, not rock. Could the National Research Council help this Canadian consortium bid on the

Donkin-Morien project with a more advanced technology?

Indeed NRC could. Within five weeks, a contract was in place with



Richard Lovat, underwritten by NRC and the Department of Supply and Services, and totalling just under a million dollars. Under the terms of the contract, Lovat would modify the machine that had performed so well in Kansas City by developing a new cutter head capable of boring through rock of up to 15 000 psi (104 000 kPa) compressive yield strength — the typical strata surrounding Nova Scotia coal. Rushed to completion in nine months, the modified tunnelling machine was demonstrated to reporters and Government officials at

the Donkin-Morien site on 16 February 1982. The test was a complete success (see box).

What's in this for Canada? Before approving the Lovat contract, NRC's Program for Industry/Laboratory Projects identified large domestic and offshore markets for hard- and soft-rock tunnelling machines of Canadian origin. Materials such as potash could also be mined more safely with soft-rock capability; and there is the very attractive possibility that Western tar sands could be exploited without the ecological disruption of current open-pit methods. If machines of up to 7 or 8 m diameter could be developed to bore through the tough granite of the Canadian Shield, then metals such as gold, copper, and silver could also be mined, faster and more safely than ever before. Finally, there is the positive feature of having a Canadian industrial base for producing this equipment. We would not be put in the position of making money on minerals only to spend it again on mining machinery; and our construction companies could develop tunnelling know-how close to central service help and parts supply. NRC acknowledged this when it agreed to participate in a multi-departmental contract with DSS and Lovat in April 1982 for development of a completely new 7.5-m tunneller to be ready in April 1983. □

Bill Atkinson



(Bill Atkinson)

térêt de pouvoir fabriquer ce matériel au Canada qui, ainsi, ne se trouverait plus obligé de se départir de l'argent que lui procure la vente de ses minerais pour acquérir l'équipement nécessaire à leur exploitation. Nos compagnies de cons-

truction pourraient d'autre part acquérir toute l'expérience nécessaire au creusement de galeries grâce à l'existence d'un service national de soutien technique et d'approvisionnement en pièces détachées. C'est l'un des points sou-

Finis les explosifs: l'excavatrice Lovat modifiée dont on a fait la démonstration au début de l'année au Cap Breton, en Nouvelle-Écosse, fait appel à des moteurs hydrauliques alimentés à l'électricité pour creuser des galeries aux parois parfaitement lisses dans la roche. Le matériau enlevé par les outils de taille est acheminé vers la surface à l'aide d'un convoyeur à bande passant par le centre de la machine et de berlines-navettes. Des machines similaires révolutionneront peut-être bientôt l'exploitation minière au Canada.

No More Explosives: The modified Lovat tunneller demonstrated earlier this year in Cape Breton, Nova Scotia, uses electric-powered hydraulic motors to bore clean, smooth passages in rock. Material removed by the cutter head is taken back through the centre of the machine by a conveyor belt, then trucked to the surface. Soon similar machines may revolutionize Canadian mining.

lignés par le CNRC lorsqu'il accepta en avril 1982 de signer un contrat pluri-ministériel conjointement avec Approvisionnement et Services Canada et aux termes duquel Lovat s'engageait à achever la construction en avril 1983 d'une machine excavatrice de 7,5 m de diamètre de conception entièrement nouvelle. □

Texte français: Claude Devismes

Au mois de février dernier, en Nouvelle-Écosse, une cérémonie a marqué la mise en service d'une excavatrice Lovat, véritable innovation dans l'exploitation du charbon des Maritimes. Bill Atkinson, de "Science Dimension", y assistait.

Donkin, île du Cap Breton: Deux immenses portiques en béton marquent l'entrée du puits des chantiers Donkin-Morien. Dans la plupart des mines modernes, le tunnel pénétrant en pente douce dans le sol a remplacé le puits vertical d'où rayonnaient jadis les galeries d'avancement. On peut ainsi amener le minerai à la surface en continu à l'aide d'un convoyeur et de berlines-navettes. C'est donc ici, passé les portiques, qu'a eu lieu la démonstration à laquelle nous avons été conviés ce matin. À l'intérieur du périmètre du premier chantier, notre groupe peut constater les résultats des méthodes d'exploitation par forage et sautage classiques: des fronts de taille aux arêtes vives et des fissures béantes d'où l'eau suinte. Il y aurait de quoi s'inquiéter si cette galerie avait 1 000 m de plus et pénétrait profondément sous la mer. Quel plaisir de retrouver l'air léger et hivernal de la surface!

Arrivé au deuxième portique on aperçoit des câbles en caoutchouc noir qui alimentent l'excavatrice à l'oeuvre sous terre. Au cours de la

semaine dernière, ce gros ver de terre mécanique s'est frayé un passage dans la roche du Cap Breton sur une distance égale à quatre fois sa longueur.

Étant donné que des machines mues à l'électricité exploiteront bientôt le charbon destiné aux centrales électriques, elle travailleront en réalité pour leur propre alimentation. Cette foreuse n'a pas encore été mise en route aujourd'hui mais nous pouvons relever des signes de son passage le long de la galerie. Les parois de celle dans laquelle nous sommes sont aussi lisses que si elles avaient été plâtrées et c'est ce que l'on obtient avec une machine Lovat, nous précise un des ingénieurs présents; il suffit ensuite de les étayer manuellement avec des voussoirs préfabriqués en acier ou en béton.

Nous pénétrons maintenant par groupes de cinq à l'intérieur de la machine qui est une sorte de cylindre renforcé de 4 m de diamètre. L'engin se meut en prenant appui sur les voussoirs du revêtement situés à l'arrière. Les six vérins hydrauliques qui assurent sa progression peuvent être commandés individuellement pour faire pivoter la tête fraiseuse de sorte que la roche puisse être attaquée sous l'angle choisi. L'excavatrice Lovat peut donc en réalité se diriger à travers la masse rocheuse.

Le Dr Larkin Kerwin, président du CNRC, prend les commandes. Une série de *sifflements* allant crescendo annonce le démarrage des moteurs électriques de 300 chevaux (224 kW) qui actionnent les pompes hydrauliques. Devant nous, la face interne de la nouvelle tête fraiseuse commence à tourner. De lourdes tranches de roche et d'argile tombent sur le convoyeur central et sont acheminées vers la surface. Le bruit est supportable; point besoin de crier. Des projecteurs dessinent des silhouettes élancées sur un écran de poussière. En service normal, la tête fraiseuse des excavatrices Lovat est lubrifiée par une pulvérisation d'eau qui assure en même temps le dépoussiérage; les opérateurs (on hésite en effet à encore les appeler des mineurs) n'auront même pas besoin de masque pour respirer.

L'essai est terminé, on coupe le courant, les solénoïdes claquent. La machine a en quelques minutes accompli un travail qui demanderait une heure à une équipe d'hommes équipés de forets et d'explosifs. Nous revenons sur nos pas et nous dirigeons en groupe vers la surface où, étrangement, nous ne retrouvons pas l'impression de fraîcheur que nous avions ressentie après l'essai au premier portique. Cette mine serait-elle devenue soudainement beaucoup moins menaçante?

Briefly . . .

Stellar parasites

Ancient Chinese called them *k'o hsing* ("guest stars"), but in the West a Latin word is used — novae. The appearance of "new" stars puzzled observers; the more so since none of them remained permanent fixtures in the night sky. Some, like Tycho's (1572) and Kepler's (1604) stars, were carefully observed and recorded, but ideas on the cause of such events were meagre. A theory once commonly held suggested that novae were bright, unmoving comets. Not until science understood atomic structure and its mechanics did a plausible theory emerge — stars, like nuclear bombs, can explode.

Further study demonstrated that only certain stars, the supernovae, actually explode, and as with nuclear weapons, it is a violent, terminal event. Novae are gentle affairs by comparison, flaring brightly without engaging in self-destruction, reserving their energies for encore performances. Each nova star possesses its own pattern of flaring and fading, with some bright for days, others returning to "normal" in several years. Today's astronomical techniques have identified a subset of nova stars known as "symbiotic stars."

Novae are binary stars — a stellar Mutt and Jeff team with one large cool star orbiting with a hot, dense dwarf associate. Both emit stellar winds — streams of particles, gas, and dust. Instability created by interacting forces of these winds is thought to be the cause of recurring novae. Symbiotic stars seem to take this condition a step further exhibiting an almost continuous unwarranted brightness — a permanent nova.

In biology, symbiotic couples are mutually beneficial; symbiotic stars is a misnomer. In reality, one partner is a parasite. The trillions of tonnes of material emitted every minute by the larger star is swept up by the dwarf partner and forms what is known as an accretion disc as the two circle. Excited by the hot dwarf, the disc of material glows with intensity belying the astronomer's classification of the partners.

Recent investigation of these stellar objects has been enhanced by such new tools of astronomy as X-ray and ultraviolet detectors, according to NRC's Dr. Sun Kwok. The first multidisciplinary meetings on symbiotic stars took place in France and the United States during 1981, but conclusions await more data. A major question being considered is "What will happen to the dwarf when it accumulates more material than

it can support?" Since dwarfs are the remnants of a once larger star which cast off much of its mass to form a glowing sphere of gas known as a planetary nebula (see S/D 1980, No. 2), could a symbiotic dwarf repeat that process with "borrowed" material?

Cancer protein

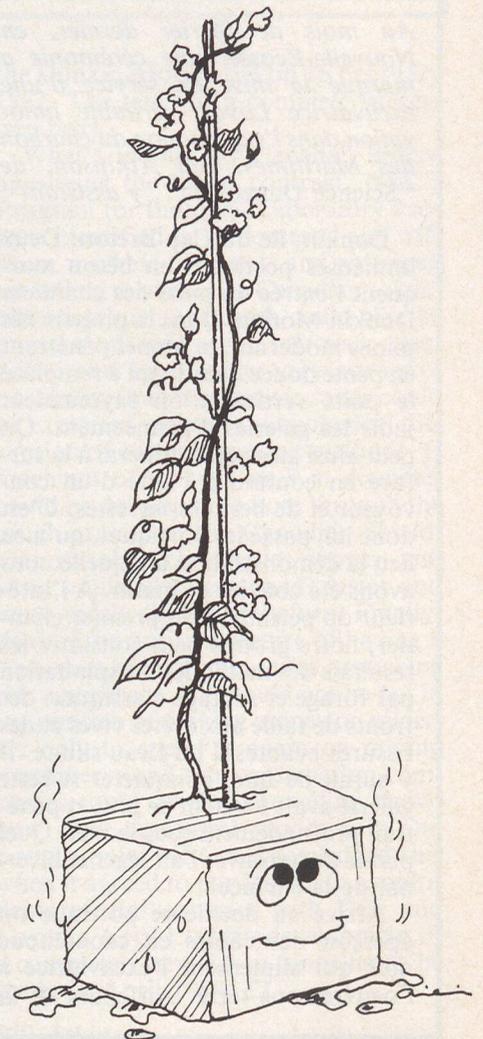
Researchers in the Cell Physiology Unit of NRC's Biology Division have detected a new molecule that may prove a vital piece of the cancer puzzle. Drs. James Whitfield and John MacManus have named the molecule "oncomodulin" — literally, "governor of tumours." The name was chosen to resemble that of "calmodulin," the "calcium governor" which may be the master switch of cellular activity (see S/D 1981, No. 3). Although calmodulin and oncomodulin cannot be derived from one another biochemically, oncomodulin has already been shown to activate a cellular enzyme called a kinase, which calmodulin also "turns on." As oncomodulin has so far turned up only in human and rodent cancer cells, it may serve the same function for them as calmodulin does for normal cells.

Whitfield, MacManus *et al.* are now turning their search to other substances in tumours which oncomodulin activates — their results will be summarized in a later *Science Dimension*. Since cancer seems only the "wrong expression" of normal genes, the researchers will attempt to find the "normal residence" of oncomodulin — that is, what rôle it plays in the life of normal cells. Oncomodulin does not appear in normal adult cells; but may it play a part in the development of the fetus? There are precedents for this. The NRC scientists speculate that irritants in the environment might reactivate the fetal protein oncomodulin within an adult cell, increasing its risk of becoming cancerous.

Plants on ice

At NRC's Prairie Regional Laboratory in Saskatoon, scientists have developed a general method for long-term preservation of plant tissue samples which can be regenerated to provide large numbers of genetically identical plants. The technique, worked out by Dr. Kutty Kartha and colleagues, involves the treatment of small bits of a plant's growing shoot tip (called the "apical meristem") with "cryoprotectant" chemicals that protect the tissues at very low temperatures; the

meristem is then cooled down at a critical rate, eventually to the long-term, storage temperature of liquid nitrogen (-196°C). Meristem pieces from strawberries and peas have been taken out of liquid nitrogen storage after two years, and regenerated into complete field plants that have produced edible strawberries and peas of excellent quality. By cloning the stored material, several hundred whole plants were obtained from the initial meristem bits. Field trials showed that the regenerated plants were genetically identical to the initial donor plants. In addition, when disease-infected donor plants were used, the meristem tips were taken quickly for cryopreservation before the disease organisms could invade the newly grown cells. As a result, the plants which were finally regenerated showed no signs of disease. Similar techniques were used in 1981 to produce cryopreserved, disease-free casava plants, and also to cryopreserve cultured plant cells rather than meristem tips.



En bref . . .

Parasites stellaires

Les anciens Chinois les appelaient *k'o hsing* ("invitées"), alors que pour nous, dans l'Ouest, ce sont des novae (pluriel du latin "nova"). L'apparition de "nouvelles" étoiles intriguait les observateurs; d'autant plus qu'aucune d'entre elles ne demeurait en permanence dans le ciel. Certaines, comme celles de Tycho en 1572 et de Kepler en 1604, ont été soigneusement étudiées et consignées dans les catalogues astronomiques mais ne donnèrent lieu à aucune théorie solide sur leur origine. On pensait généralement qu'il s'agissait de comètes brillantes et stationnaires et il fallut attendre que la Science résolve la structure atomique et sa mécanique pour voir apparaître une théorie plausible posant que les étoiles, comme les bombes nucléaires, peuvent exploser.

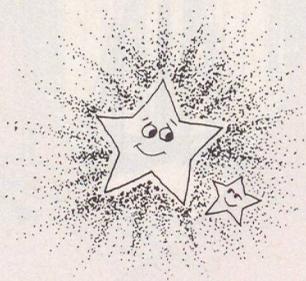
En poussant les études on s'aperçoit que seules certaines étoiles, les supernovae, explosent effectivement et que le phénomène, comme dans le cas des bombes nucléaires, est violent et terminal. Comparativement, les novae ne sont guère impressionnantes puisqu'elles se contentent de briller intensément sans s'autodétruire, préférant réserver leur énergie pour des rappels sur scène. Chacune d'elles a sa propre période de croissance d'éclat, certaines brillant pendant des jours, alors que d'autres ne retournent à la "normale" qu'après plusieurs années. Les techniques astronomiques modernes ont maintenant permis d'en identifier une sous-classe, celle des étoiles dites "symbiotiques".

Les novae sont des systèmes binaires composés d'une grosse étoile froide et d'un compagnon dense et chaud. Il en émane des vents solaires, c'est-à-dire des flux de particules, de gaz et de poussière, et c'est une instabilité résultant des forces d'interaction de ces vents qui serait à l'origine des novae dites récurrentes. Les étoiles symbiotiques qui affichent une brillance quasi permanente inexplicable représenteraient le stade suivant du processus, celui de la nova permanente.

En biologie, les couples symbiotiques tirent un avantage réciproque de leur association; ce n'est pas le cas des étoiles ainsi nommées, l'une des partenaires n'étant qu'un parasite. Pendant que les deux compagnons gravitent l'un autour de l'autre, les trillions de tonnes de matériaux éjectés chaque minute par le plus massif sont absorbées par la naine et donnent naissance à ce que l'on appelle un disque d'accrétion. Comme ce disque brille intensément sous l'effet de l'excitation que lui communique la

naine blanche on serait tenté de douter de l'exactitude de l'actuelle classification astronomique du duo cosmique.

Selon le Dr Sun Kwok, du CNRC, l'utilisation de nouveaux instruments comme les détecteurs à rayons X et ultraviolets a permis une exploitation optimale des investigations récemment entreprises dans ce domaine. Les premières réunions multidisciplinaires sur les étoiles symbiotiques ont eu lieu en France et aux États-Unis au cours de 1981 mais, en l'attente de données complémentaires, aucune conclusion n'a encore été formulée. Une des principales questions à l'étude est, "qu'arrivera-t-il à la naine lorsqu'elle aura accumulé plus de matériaux qu'elle ne peut en supporter?" Les naines étant constituées des restes d'une étoile plus massive qui s'est débarrassée de la plus grande partie de sa masse pour donner naissance à une sphère de gaz incandescent que l'on appelle une nébuleuse planétaire (voir S/D 1980, N° 2), on peut se demander si une naine symbiotique ne pourrait pas répéter le processus avec un matériau "emprunté".



Une protéine de la cancérisation

Les Drs James Whitfield et John MacManus, scientifiques de la section de physiologie animale et cellulaire de la Division des sciences biologiques du CNRC, ont mis en évidence une nouvelle substance qui semble jouer un rôle crucial dans la cancérisation. Cette substance a été appelée "oncomoduline" (modulatrice tumorale) en raison de sa ressemblance avec la calmoduline (modulatrice de calcium) qui semble régir l'activité cellulaire (voir S/D 1981, N° 3). L'oncomoduline et la calmoduline ne sont pas biochimiquement dérivées l'une de l'autre, mais elles activent toutes deux une même enzyme cellulaire appelée kinase. Cependant, comme l'oncomoduline a uniquement été isolée à partir de cellules cancéreuses humaines et de rongeurs, on serait porté à penser

qu'elle jouerait dans ces cellules pathologiques le même rôle que la calmoduline joue dans les cellules normales.

Les Drs Whitfield, MacManus et autres essaient actuellement de mettre en évidence d'autres substances tumorales activées par l'oncomoduline; les résultats de leurs travaux seront résumés dans un numéro ultérieur de *Science Dimension*. Étant donné que le cancer est le résultat de "l'expression fautive" de gènes normaux, les chercheurs essaient également de déterminer le "siège" de l'oncomoduline. Cette substance n'est pas présente dans les cellules normales à l'état adulte, mais certains indices permettent de penser qu'elle intervient dans le développement foetal. D'après les scientifiques du CNRC, la production de cette substance qui prédispose les cellules à la cancérisation serait réactivée chez l'adulte par les matières irritantes présentes dans l'environnement.

La cryoconservation

Au Laboratoire régional des Prairies du CNRC, à Saskatoon, des scientifiques ont mis au point une méthode permettant la conservation prolongée d'échantillons de tissus végétaux et leur régénération en vue d'obtenir un grand nombre de plantes génétiquement identiques. Conçue par le Dr Kutty Kartha et ses collègues, cette méthode consiste à traiter de petits segments de bourgeons terminaux (ou "méristèmes apicaux") avec des produits chimiques qui protègent les tissus quand on les maintient à des températures très basses. Les méristèmes sont refroidis graduellement de façon contrôlée jusqu'à ce qu'ils atteignent la température de l'azote liquide (-196°C). À partir de segments de méristèmes de fraises et de pois conservés dans l'azote liquide pendant deux ans, les chercheurs ont obtenu des plants entiers qui ont donné des fraises et des pois d'excellente qualité. En clonant des méristèmes ainsi traités, ils ont également obtenu plusieurs centaines de plants entiers. Des essais sur le terrain ont démontré que les plants régénérés étaient génétiquement identiques aux plants donneurs. En prélevant rapidement les méristèmes apicaux de plants infectés avant que les organismes pathogènes n'envahissent les cellules nouvellement formées et en les traitant par cryoconservation, ils ont pu obtenir par la suite des plants parfaitement sains. Des techniques semblables ont été utilisées en 1981 pour produire des plants sains de manioc; on a également réussi à conserver de cette façon des cellules de plantes cultivées.

Selling self-reliance Tools from the Brace

NRC has published a homeowner's guide to designing and building solariums (greenhouses or sun rooms, attached to a house). It was prepared, in part, by a small research group with a down-to-earth philosophy: the Brace Research Institute.

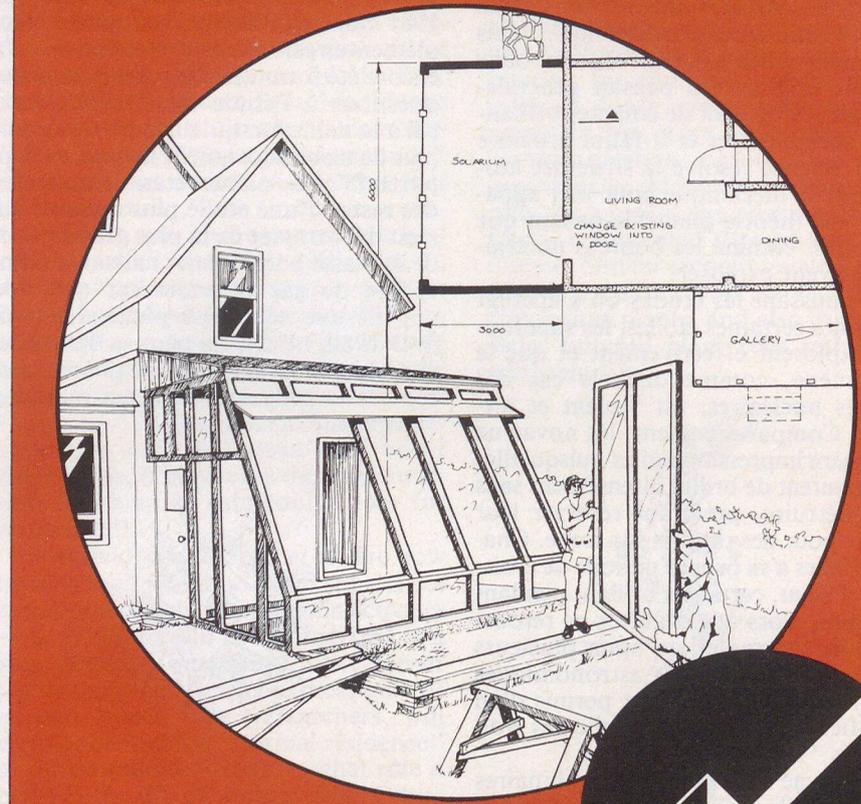
The idea that became the Brace Research Institute dawned on Major James Brace during a world trip he made shortly before his death, in April 1956. He saw people suffer, and decided that much of that suffering could be alleviated by providing water in parched lands: water for village wells, for animals, and for crops. Accordingly, he left much of the money he had made in construction to McGill University to fund research into (in the words of his will) "eliminating or reducing the salt content of seawater," and "irrigation or other means for making desert or arid land available and economically useful for agricultural purposes."

In 1961 the university founded the Brace Research Institute — a handful of research staff. The problem of greening the deserts, it soon became apparent, entailed solving both an energy problem and a social problem: stills and pumps need power, and people to build, run, and maintain them. The solutions found to these related problems shaped what became guiding principles in the work of the Brace. First: energy sources should be renewable, like sunshine, which can distill seawater in solar stills, and wind, which can turn pumping windmills. These sources are always available in the villages of the Third World; such energy does not have to be imported. Second: technology should be simple and easy to maintain, so that local people can build and run it, using locally available materials.

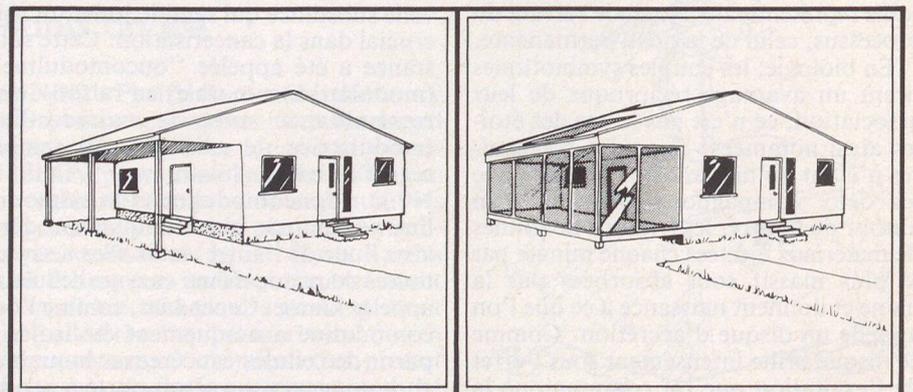
The Brace Research Institute has won, over the years, a worldwide reputation for developing simple tools that lead to self-reliance: solar stills and driers, cookers, windmills, and more. It has helped develop, as well, expertise and tools of use in Canada (such as the energy-efficient greenhouse design known as the Brace greenhouse), and this expertise has been tapped by the National Research Council.

An NRC research contract, for instance, led to recent tests at the Brace field station of a "solar wall" for farm buildings. Farmers build barns using standard plans provided by Agriculture Canada. When the metal wall of such a barn faces south, it can be painted black, covered with sheets of corrugated

The SOLARIUM WORKBOOK



The Solarium Workbook
Publications Section, M-58
National Research Council
Ottawa, Ontario K1A 0R6
\$14.95



De la distillation de l'eau de mer aux solariums domestiques L'Institut de recherches Brace à l'oeuvre

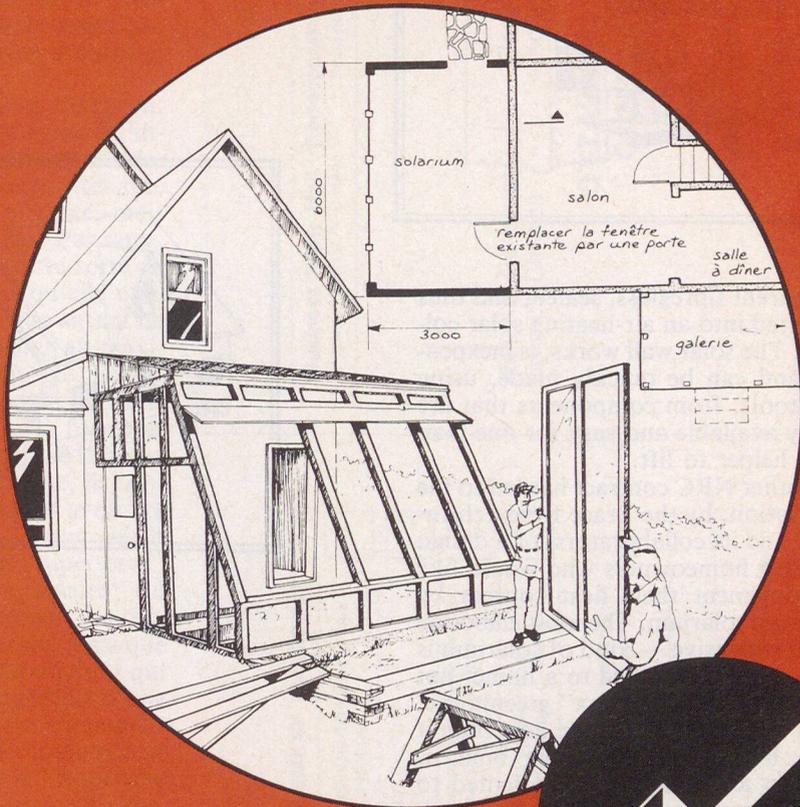
Le CNRC vient de publier un guide à l'intention des propriétaires qui projettent la construction d'un solarium (serre ou pièce vitrée attenante à une habitation). Ce guide a été préparé en partie par l'Institut de recherches Brace; de dimensions modestes, cet institut s'attache à trouver des solutions réalistes à des problèmes concrets.

L'Institut de recherches Brace doit son existence au major James Brace: celui-ci, témoin des souffrances humaines au cours d'un périple autour du monde effectué peu de temps avant sa mort en avril 1956, conclut que ces souffrances pouvaient être soulagées en grande partie en fournissant aux habitants des régions désertiques l'eau nécessaire à l'alimentation des puits, à l'abreuvement du bétail et à l'irrigation des récoltes. Il décida donc de léguer une large part de la fortune qu'il avait amassée dans la construction à un fonds de recherche administré par l'Université McGill et ayant pour but (selon les termes de son testament) "de débarrasser l'eau de mer du sel qu'elle contient ou d'en diminuer la teneur" et de "rendre les déserts et les terres arides cultivables et économiquement rentables grâce à l'irrigation ou à d'autres moyens."

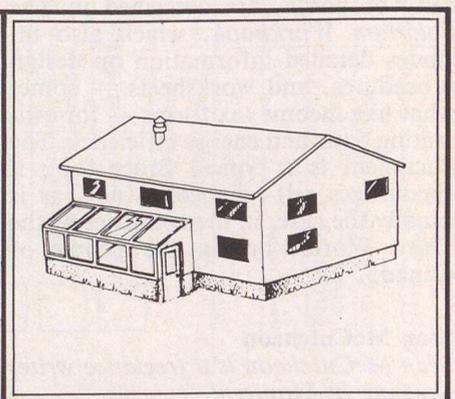
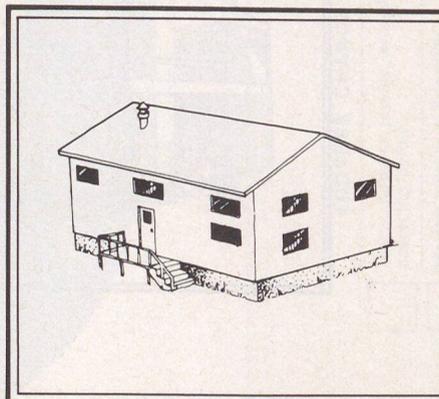
C'est en 1961 que l'université fondait l'Institut de recherches Brace, qui ne comptait alors qu'une poignée de chercheurs. Il devint vite évident que, pour transformer les déserts en cultures, il fallait résoudre deux problèmes à la fois: celui de l'énergie et celui du capital humain. En effet, la construction, l'exploitation et l'entretien des appareils servant à la distillation de l'eau de mer et des pompes utilisées pour l'irrigation nécessitent de l'énergie et de la main-d'oeuvre. La solution de ces deux problèmes étroitement liés ne pouvait se trouver que dans une approche qui allait par suite orienter tous les travaux de l'institut. Premièrement, les sources d'énergie doivent être renouvelables: on utilisera donc le Soleil pour distiller l'eau de mer et le vent pour actionner les éoliennes qui alimenteront les pompes. Ce sont là des sources d'énergie accessibles à longueur d'année dans les villages du Tiers-Monde; il n'est pas nécessaire de les importer. Deuxièmement, les techniques utilisées doivent être simples et les installations faciles à entretenir de façon à ce qu'on puisse faire appel, pour leur construction et leur exploitation, à la main-d'oeuvre et aux matériaux locaux.

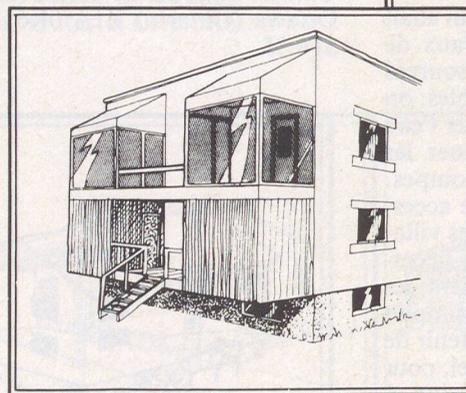
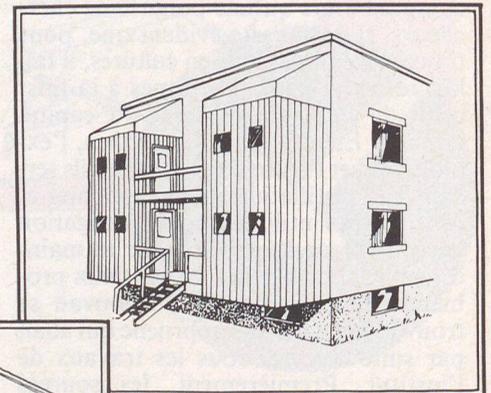
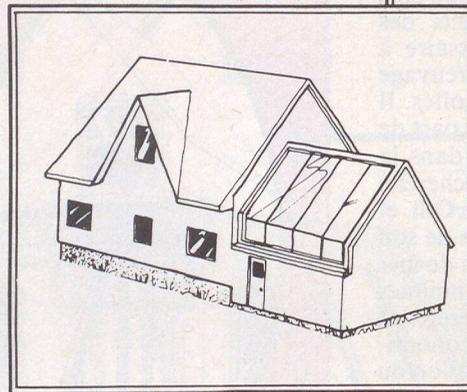
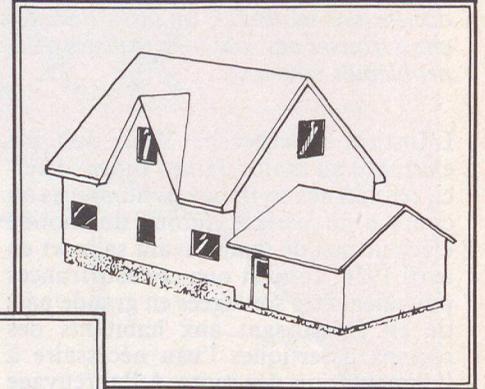
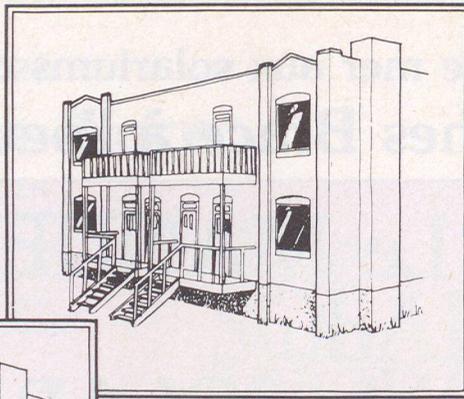
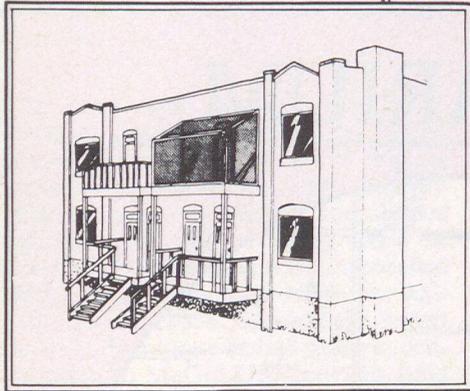
L'Institut de recherches Brace s'est acquis au cours des années une réputation

Le MANUEL du SOLARIUM



Le manuel du solarium
Section des publications, M-58
Conseil national de recherches
Ottawa (Ontario) K1A 0R6
\$14,95





transparent fibreglass, sealed, and thus converted into an air-heating solar collector. The solar wall works, is inexpensive, and can be quickly made, using hand tools, from components that are readily available and easy for one man and a helper to lift.

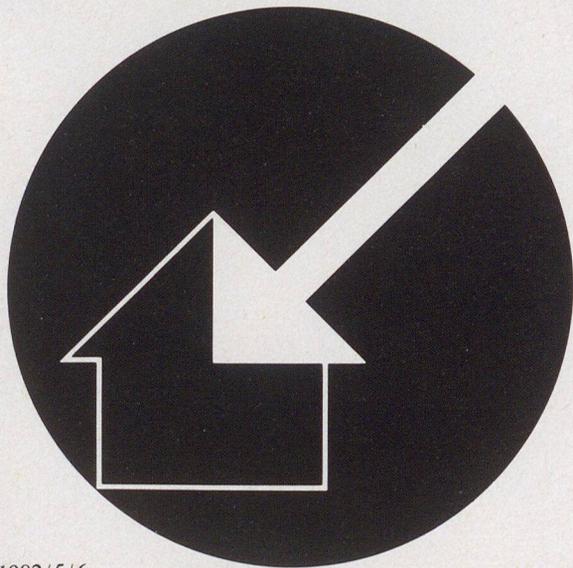
Another NRC contract has led to the preparation, by the Brace Research Institute and its collaborators, of a design guide for homeowners who would like to supplement their heat sources by building a solarium. The most elaborate — and expensive — kind of solarium is a greenhouse, attached to a home; not the traditional “glass-box” greenhouse, which in winter loses more heat than it gains, but rather something built as carefully as an aquarium (oriented to catch the sun, double-glazed, insulated, sealed, and with heat storage) — a solar collector, in short, in which one can both live and grow food. Solaria are ancient, but are suddenly enjoying a surge of popularity after being ignored for centuries. The range of possible designs, from the elaborate kind described above to simple conversions of a balcony or porch, are described in *The Solarium Workbook*, which also includes detailed information on design procedures, and worksheets — somewhat like income tax forms — for estimating costs and energy efficiency. The document is a typical Brace tool; it encourages self-reliance — not, as is usually the case, in the countries of the Third World, but in the people of Canada. □

Séan McCutcheon
Séan McCutcheon is a freelance writer working in Montreal.

tion mondiale grâce à la mise au point d'installations simples qui favorisent l'autonomie énergétique: appareils de distillation et séchoirs solaires, fours, éoliennes, etc. Il a également contribué à la mise au point de techniques et d'installations à l'intention des citoyens canadiens (comme, par exemple, la serre Brace, renommée pour son rendement énergétique élevé). La compétence de l'institut dans le domaine de l'énergie solaire a été exploitée par le Conseil national de recherches: celui-ci a en effet commandé à la station expérimentale de l'institut des essais sur un "mur solaire" destiné aux bâtiments de ferme. La construction d'un tel "mur solaire" consiste à modifier une grange construite conformément aux plans types fournis par Agriculture Canada en peignant en noir le mur métallique exposé au sud, en le recouvrant de panneaux de fibre de verre ondulés transparents et en scellant bien le tout. Il n'en faut pas plus pour convertir le mur en un capteur solaire qui servira à chauffer l'air du bâtiment. Ce mur solaire est efficace et peu coûteux; il peut de plus être construit en très peu de temps par le fermier lui-même, aidé d'un assistant, au moyen d'outils et de matériaux courants.

Le CNRC a également commandé à l'institut la rédaction, en collaboration avec d'autres organismes, d'un guide à l'intention des propriétaires qui projettent l'installation d'un solarium comme mode de chauffage d'appoint. La serre attenante à la maison est sans doute le solarium le plus efficace, mais c'est également le plus compliqué et le plus coûteux. Par serre, nous entendons non pas la serre traditionnelle, cette sorte de case de verre qui, en hiver, perd plus de chaleur qu'elle n'en produit, mais une structure construite avec presque autant de soins qu'un aquarium, orientée de façon à profiter au maximum de l'ensoleillement, munie d'un double vitrage, isolée, scellée et équipée d'un système de stockage de la chaleur. Bref, un capteur solaire à l'intérieur duquel il serait à la fois possible de vivre et de faire pousser des plantes! Bien que la construction de solariums remonte à une époque lointaine, ils connaissent présentement un regain de popularité après avoir été boudés pendant des siècles. *Le manuel du solarium* décrit l'éventail des modèles réalisables, en partant de la "superserre" que nous venons de décrire, jusqu'à la "version solaire" du balcon ou de la véranda. Le manuel fournit également des renseignements détaillés sur la conception d'un solarium ainsi que des fiches de travail ressemblant à des formulaires d'impôt qui permettent d'évaluer le coût et le rendement énergétique d'une installation. Bien qu'il s'adresse cette fois-ci à des Canadiens plutôt qu'aux habitants des pays du Tiers-Monde comme c'est habituellement le cas, ce document reste fidèle à l'approche adoptée par l'Institut de recherche Brace: encourager l'autonomie. □

Texte français: Line Bastrash



CUT - DÉCOUPEZ

1982/5/6

ADDRESS CHANGE

CHANGEMENT D'ADRESSE

<input type="checkbox"/>	Name address printed wrongly - corrected below	<input type="checkbox"/>	Nom adresse comportant une erreur - correction ci-dessous
<input type="checkbox"/>	Mailing label is a duplicate - please delete from list	<input type="checkbox"/>	L'adresse est un duplicata - Rayez-la de la liste
<input type="checkbox"/>	Please continue my mailing and add new person listed below	<input type="checkbox"/>	Gardez mon nom sur votre liste d'envoi et ajoutez-y celui du nouvel abonné ci-dessous
<input type="checkbox"/>	Name below should replace that shown on label	<input type="checkbox"/>	Remplacez le nom figurant dans l'adresse par celui indiqué ci-dessous
Discontinue sending: <input type="checkbox"/> all publications <input type="checkbox"/> this publication		Ne plus envoyer vos publications <input type="checkbox"/> cette publication	

NAME - NOM _____

TITLE - TITRE _____

ORGANIZATION - ORGANISME _____

STREET - RUE _____

CITY - VILLE _____

PROVINCE _____

POSTAL CODE POSTAL _____

COUNTRY - PAYS _____

FOLD OUT

Business Reply Mail Correspondance - réponse d'affaires
No postage necessary in Canada Se poste sans timbre au Canada

National Research Council Canada
Conseil national de recherches Canada

OTTAWA
CANADA
K1A 0R6



FASTEN HERE - SCPELLER ICI

IS YOUR ADDRESS LABEL CORRECT?

Please make any needed corrections on form overleaf, clip along the dotted line, fold, fasten and return to us.

If you prefer to use a separate sheet, please ensure that all the information on the label below is included to permit us to retrieve your address record from the computer.

**VOS NOM ET ADRESSE
COMPORTEMENT-ILS UNE ERREUR?**

Veuillez procéder aux corrections éventuelles sur le formulaire se trouvant au verso, le découper en suivant le pointillé, le plier, le sceller et nous l'envoyer.

Si vous préférez utiliser une feuille séparée, assurez-vous de n'omettre aucun des renseignements figurant dans le bloc-adresse ci-dessous pour que nous puissions extraire de l'ordinateur les données relatives à votre adresse.

FOLD-IN - PLIEZ VERS L'INTÉRIEUR

CUT - DECOUPEZ


 National Research Council
 Canada
 Ottawa, Canada
 K1A 0R6
 Conseil national de recherches
 Canada
 Ottawa, Canada
 K1A 0R6

Canada Post	Postes Canada
Bulk Third Class	En nombre Troisième classe
K1A 0R6 Canada	