

SCIENCE DIMENSION

1979/3



SCIENCE DIMENSION



National Research Council Canada
Conseil national de recherches Canada

Vol. 11, No. 3, 1979

ISSN 0036-830X

Indexed in the Canadian Periodical Index
This publication is available in microform.

CONTENTS

-
- 4 Cleaner coal**
The second time around
-
- 6 Canada's time standard**
NRC's "second city"
-
- 10 The many facets of microwaves**
A new approach to industrial heating and drying problems
-
- 14 Wind engineering**
Learning to cope with wind forces
-
- 18 Noise into knowledge**
Radio astronomy at NRC
-
- 22 Insulation**
How do you know you got what you paid for?
-
- 26 Wave grouping**
Simulating killer waves in the laboratory
-
- 32 Energy for tomorrow**
Turning sewage into fuel
-

Science Dimension is published six times a year by the Public Information Branch of the National Research Council of Canada. Material herein is the property of the copyright holders. Where this is the National Research Council of Canada, permission is hereby given to reproduce such material providing an NRC credit is indicated. Where another copyright holder is shown, permission for reproduction should be obtained directly from that source. Enquiries should be addressed to: The Editor, Science Dimension NRC, Ottawa, Ontario, K1A 0R6, Canada Tel. (613) 993-3041.

Cover: Ian Monsarrat

Editor-in-chief Loris Racine

Editor Wayne Campbell

Executive Editor Joan Powers Rickerd

Design ACART Graphic Services

Editorial Production Coordinator Diane Bisson Staigh

NRC research The Dimensions

The burnished sphere in front of NRC's Ottawa headquarters building suggests nature in all its dimensions, from distant, wheeling galaxies downward to the microcosm of the atomic nucleus. Much more than just a symbol, it serves as a statement of the Council's intent - to extend Humanity's knowledge of the physical universe.

To give Science Dimension readers an idea of just how diverse are the areas under investigation by Council scientists, the stories of this issue have been selected from each of the eight NRC Divisions in the Ottawa area. However, this thumb-nail sketch of diversity only provides a sampling of the Council's multi-fold operations. A large, futuresque building on the Council campus attests to the fact that NRC has a library containing Canada's foremost collection of scientific and technical literature (called CISTI, for Canada Institute for Scientific and Technical Information). But there is little outward evidence of another kind of service - an experienced staff of advisors who "troubleshoot" for industry. Called the Technical Information Service, this group has access to information on the very latest technological advances, and combines this with an impressive legacy of experience to solve industrial problems.

In fact, there is very little outward evidence of the extensive program that exists at NRC for aiding Canadian industry. The two main thrusts of the Industrial Programs Office, aiding in the transfer of NRC laboratory advances to industries, and assistance programs that support promising research in industrial laboratories, are largely unheralded; to do the Office justice would require tours of industrial laboratories across the breadth of Canada.

Given the time and means, an interested observer would have to do some travelling outside Ottawa to fully appreciate the national flavor of NRC research. The Atlantic Regional Laboratory in Halifax, N.S., would be one of the first stops. This NRC Division is well integrated into the university and industrial research communities of the Atlantic provinces, with major programs relating directly to the region's economy, particularly marine plants and steelmaking. To visit the Council's other regional laboratory, a trip to Saskatoon, Saskatchewan, is necessary. Here in the nation's agricultural heartland, the Prairie Regional Laboratory

carries out research heavily oriented to plant science. Unusual new hybrids grown from "fused" plant cells, protein and starch product development and lab-manufactured insect scents are just a few areas of interest. While much of the work is fundamental, as is the case at the Atlantic lab, it is nevertheless aimed at practical applications.

To inspect NRC's installations for viewing the cosmos, our much-travelled observer would have to span the country, beginning with the 46 m dish radio telescope deep in the woodlands of Ontario's Algonquin Park, to the array of radio telescopes in the mountain highlands near Penticton, B.C., and finally to a hilltop in Victoria, where two light-reflecting telescopes are located.

It would be no surprise to find many scientists from outside NRC at these telescope sites, since they are National Facilities, open to use by the Canadian science community as a whole. While on the west coast, a visit to another kind of National Facility would also be in order. On the campus of the University of British Columbia stands TRIUMF, or Tri-University Meson Facility, a nuclear particle accelerator so huge and powerful that it can create beams of mesons, the "glue" that holds the atomic nucleus together.

A few years hence, a comprehensive tour of NRC will require travels that range much farther afield. One journey will be across the Pacific ocean to the barren summit of Hawaii's highest mountain, Mauna Kea, where the huge, light-reflecting Canada-France-Hawaii telescope is set to begin operations sometime in 1979. Memorial University at St. John's, Newfoundland, will be another stop, where the Arctic Vessel and Marine Research Institute is slated to open in the Spring of 1982, equipped with the largest ice tank facility in the world. Between these two geographical extremes, on the south shore of the St. Lawrence River near Montreal, the Council will open a laboratory devoted to a comprehensive study of materials. The Industrial Materials Research Institute, now functioning in rented space, will take over its own facilities when they are completed sometime in 1980-81. □

Wayne Campbell

La recherche au CNRC

Les dimensions de la Science

La sphère de métal poli située en face de l'édifice de l'administration du CNRC à Ottawa évoque la matière dans toutes ses dimensions, des galaxies les plus éloignées jusqu'au monde microscopique du noyau atomique. Bien plus qu'un symbole elle est l'expression matérielle de l'intention du Conseil d'étendre nos connaissances de l'univers physique.

En vue de donner aux lecteurs de Science Dimension une idée de la diversité des domaines de recherche étudiés par les scientifiques du Conseil, on a inclus dans ce numéro des articles traitant de chacune des huit divisions du Conseil dans la région d'Ottawa.

Cependant, ce numéro ne peut présenter qu'un aperçu des diverses activités du Conseil. Considérons par exemple ce vaste édifice moderne situé sur les terrains du CNRC; il abrite la bibliothèque du CNRC, appelée Institut canadien de l'information scientifique et technique, et contient la collection la plus complète au Canada de publications scientifiques et techniques. Mais il cache aussi un autre genre de service, connu sous le nom de Service d'information technique, dont le personnel expérimenté de conseillers, qui a accès à l'information technique la plus récente, est chargé d'aider l'industrie à résoudre ses problèmes techniques.

Mais en général peu de signes extérieurs manifestent l'existence des nombreux programmes du CNRC visant à aider l'industrie canadienne. Le Bureau des programmes industriels a concentré ses efforts à la réalisation de deux objectifs qui reçoivent peu de publicité: le transfert à l'industrie des techniques de pointe mises au point dans les laboratoires du CNRC, et la mise au point de programmes d'aide visant à apporter un soutien à des travaux de recherche prometteurs émanant des laboratoires industriels; pour apprécier ce bureau à sa juste valeur il faudrait visiter tous les laboratoires industriels à travers le Canada.

Il faudrait aussi présenter les installations du Conseil à l'extérieur d'Ottawa pour que nos lecteurs puissent apprécier le rayonnement national du CNRC. Les principaux programmes du Laboratoire régional de l'Atlantique à Halifax, bien intégré aux communautés de recherche universitaire et industrielle des provinces atlantiques, sont intimement liés à l'économie de cette région, particulièrement en ce qui a trait aux plantes marines et à la sidérurgie. Quant au Laboratoire régional des Prairies, situé au coeur des

plus grandes terres agricoles du pays à Saskatoon dans la Saskatchewan, ses travaux portent principalement sur la biologie végétale et on y a travaillé, en particulier, à l'obtention de nouvelles cellules hybrides à partir de cellules végétales fusionnées, au développement de produits protéiniques et d'amidons et à la fabrication en laboratoire d'odeurs émises par les insectes. Qualifiée habituellement de fondamentale, la recherche effectuée dans ces deux laboratoires a cependant comme objectif des applications pratiques.

La présentation des installations du CNRC vouées à l'étude du cosmos nous obligerait à traverser presque tout le pays, en commençant avec le radiotélescope de 46 m du parc Algonquin dans l'Ontario, jusqu'à la rangée de radiotélescopes se dressant près de Penticton dans la Colombie-Britannique, et finalement à Victoria, où sont situés deux télescopes à miroir.

La présence, à ces observatoires, de plusieurs scientifiques qui ne sont pas attachés au CNRC, est due au fait que ces installations sont nationales et au service de la communauté scientifique canadienne dans son ensemble. Sur le campus de l'Université de Colombie-Britannique se dresse TRIUMF (Tri-University Meson Facility), un accélérateur de particules nucléaires si grand et si puissant qu'il peut produire des faisceaux de mésons, genre de matière adhésive qui maintient ensemble le noyau atomique.

Dans quelques années, une vue d'ensemble du CNRC nécessitera encore plus de déplacements. Il faudra se rendre sur le sommet dénudé du Mauna Kea, sur l'île d'Hawaii, où se trouve le grand télescope à miroir Canada-France-Hawaii qu'on commencera à utiliser au cours de 1979. Un autre arrêt se fera à l'Université Memorial de Saint-Jean de Terre-Neuve, où l'Institut de recherche maritime et sur les navires arctiques ouvrira ses portes au printemps de 1982. Il abritera le plus grand bassin d'essais des carènes dans des conditions de glace existant dans le monde entier. Enfin, sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent, près de Montréal, le Conseil inaugurerait un laboratoire voué à une étude complète des matériaux. L'Institut de génie des matériaux, qui effectue maintenant ses travaux dans des locaux loués, prendra possession de ses nouvelles installations lorsqu'elles seront terminées vers 1980-81. □

Texte français: Denise de Broeck

SCIENCE DIMENSION



Conseil national
de recherches Canada

National Research
Council Canada

Vol. 11, N° 3, 1979

ISSN 0036-830X

Cité dans l'Index de périodiques canadiens

Cette publication est également disponible
sous forme de microcopies.

SOMMAIRE

-
- 5 Le nettoyage du charbon**
Nouvelle application de l'agglomération sphérique
-
- 7 L'étalon de temps canadien**
À l'heure du CNRC
-
- 11 Les micro-ondes, outil polyvalent**
Une nouvelle solution aux problèmes de chauffage et de séchage industriels
-
- 15 Le génie éolien**
Des mesures inébranlables
-
- 19 Les ondes venues du ciel**
La radioastronomie au CNRC
-
- 23 L'isolation des bâtiments**
Comment en avoir pour son argent?
-
- 27 Le regroupement des vagues**
Simulation en laboratoire de vagues monstrueuses
-
- 33 De l'énergie pour demain**
La transformation des déchets organiques en combustible
-

La revue Science Dimension est publiée six fois l'an par la Direction de l'information publique du Conseil national de recherches du Canada. Les textes et les illustrations sont sujets aux droits d'auteur. La reproduction des textes, ainsi que des illustrations qui sont la propriété du Conseil, est permise aussi longtemps que mention est faite de leur origine. Lorsqu'un autre détenteur des droits d'auteur est en cause, la permission de reproduire les illustrations doit être obtenue des organismes ou personnes concernés. Pour tous renseignements, s'adresser au Directeur, Science Dimension, CNRC, Ottawa, Ontario, K1A 0R6, Canada. Téléphone: (613) 993-3041.

Couverture de Ian Monsarrat

Directeur Loris Racine

Rédacteur en chef Wayne Campbell

Rédacteur exécutif Joan Powers Rickerd

Conception graphique ACART Graphic Services

Coordonnatrice de la rédaction Diane Bisson Staigh

Cleaner coal

NRC points the way

The techniques of spherical agglomeration, recently applied to extracting oil from Alberta's tar sands, have been used for some time to purify low grade coal.

Once the mainstay of the industrial revolution, it gradually took a back seat to oil, gas and other, cleaner forms of fuel. Dirty, black and hard to mine, coal had simply become unfashionable in energy circles. But a growing uncertainty in our energy future has changed all that. Today, King Coal is getting a new lease on life.

Recently, NRC's chemical engineers developed an effective way to squeeze extra energy from previously-unusable stockpiles of low grade coal. Owing to high concentrations of sulfur, ash or moisture, such material is normally unsuitable as fuel. However, after treatment by the so-called "spherical agglomeration" method, most of these impurities are removed, leaving behind a clean-burning coal product.

In practice, the low grade coal is first pulverized, then mixed with water and a small amount of light oil. Because of their dissimilar surface properties, coal and the impurities behave differently towards the two liquids. The oil is able to "wet" particles of pure coal, causing them to stick together (or "agglomerate") into tiny round pellets which can be recovered using a fine-mesh screen. Meanwhile, the sulfur, ash and other unwanted inorganic materials stay suspended in the water and pass through the screening stage.

Both the degree of mixing and the quantity of oil used in the separation

Last autumn, the spherical agglomeration process was tested at a U.S. coal plant in West Virginia. A portable pilot plant similar to the one shown was built in Ottawa and transported to the site. There, after the coal plant operators had been trained for a brief time by NRC staff, the plant ran for a period of six weeks. The ease of maintaining a conservative recovery rate of 500 kg/h of solid product showed that the spherical agglomeration process could be used to extract low ash coal successfully on a continuous basis. (Photo: Bruce Kane, NRC)

L'automne dernier, on a essayé la technique de l'agglomération sphérique dans une usine américaine de nettoyage du charbon dans la Virginie-Occidentale. On y a amené une usine pilote transportable similaire à celle qui apparaît sur cette photo et qui avait été construite à Ottawa. Après avoir suivi un apprentissage de courte durée, donné par le personnel du CNRC, les ouvriers ont fait fonctionner l'usine pilote pendant six semaines. La facilité avec laquelle on peut récupérer, par cette technique, le produit solide à un taux de 500 kg/h a démontré qu'on pourrait tirer profit de l'agglomération sphérique, sur une base permanente, pour obtenir un charbon pauvre en cendres. (Photo: Bruce Kane, CNRC)

process determine the nature of the coal product. Vigorous agitation with small quantities of oil yields fine, microagglomerates used in coal-fired power stations. Slower mixing with somewhat more oil produces larger pellets suited to rail transportation. With still greater quantities of oil, the product is recovered as a coal-in-oil paste or slurry, which can be substituted for oil as a fuel in power generating stations.

This "slurry fueling" approach is not new, although use of spherical agglomeration as a purification step in the process has only recently been explored. A test program was begun in 1977 at an oil-fired power station in Chatham, New Brunswick.

The province's Electric Power Commission had been studying slurry fueling as a way of reducing high cost oil consumption (then at 10 million barrels per year) by mixing oil with the province's abundant (and cheaper) coal supply. The major drawback to this scheme, though, was its effect on the environment. New Brunswick coal, in particular, has a high sulfur, high ash content which leads to pollution problems on burning. Treatment by spherical agglomeration was an attempt to counter these effects by providing cleaner coal.

Two agglomeration tanks were used at the Chatham plant to de-ash the impure coal. The product was first recovered as small particles which were then re-suspended in hot water, mixed with heavy fuel oil, then screened off as larger agglomerates, some 2-3 mm in diameter. This purified material was then dispersed in heavy fuel oil to form the coal-in-oil slurry used for combustion.

In the first year of operation, the Chatham station used a 10 per cent by weight coal/oil mixture, later increasing the proportion to 20 per cent. Operators now plan to extend the range of coal contents to 40 per cent by weight.

Another project involving agglomeration technology is under way at the Cape Breton Development Corporation near Sydney, Nova Scotia. There, water used as a wash liquid in a coal cleaning plant is being treated to remove very fine particles of coal which normally interfere with certain stages of the operation. Not only are extra helpings of usable coal recovered quickly but the treated water is also made clean enough for recirculation through the washing step. □

Wally Cherwinski



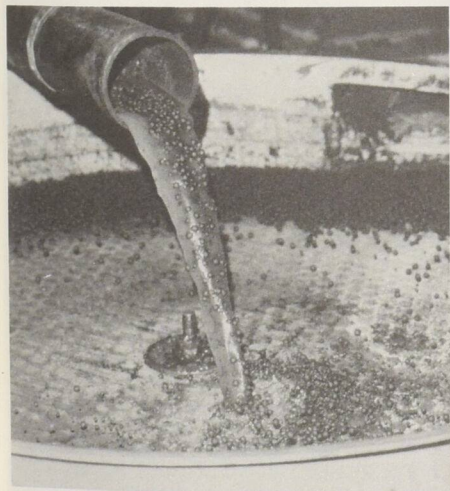
Le nettoyage du charbon

Le CNRC montre la voie

La technique de l'agglomération sphérique, qui a été appliquée à la récupération des bitumes contenus dans les sables bitumineux de l'Alberta, est aussi utilisée depuis quelque temps pour épurer du charbon de qualité inférieure.

Au siècle dernier, le charbon était le soutien de la révolution industrielle mais il a dû graduellement céder sa place au mazout, au gaz et à d'autres combustibles plus propres. Sale, noir et difficile à extraire, le charbon était tout simplement devenu démodé en tant que source d'énergie. Mais l'incertitude croissante qui plane sur notre approvisionnement futur en énergie a changé tout cela; aujourd'hui, le charbon semble promis à un nouvel avenir.

Récemment, les ingénieurs chimistes du CNRC ont mis au point une nouvelle technique efficace pour exploiter l'énergie des stocks de charbon de qualité inférieure qu'on croyait auparavant inutilisables. En raison de leurs fortes concentrations en soufre, en cendres et en humidité, de tels matériaux étaient jugés inutilisables comme combustibles. Cependant, après traitement au moyen de la méthode de l'agglomération sphérique, la plupart de leurs impuretés disparaissent et l'on obtient un produit à combustion propre.



Application de l'agglomération sphérique à la centrale électrique de Chatham dans le Nouveau-Brunswick. À ce stade de l'opération, les particules de charbon épuré sont récupérées sur un crible vibrateur et mélangées par la suite à un mazout dense. Ce mélange est alors propre à la combustion. (Photo: Ed Capes)

Spherical agglomeration at work in the Chatham, New Brunswick power station. At this stage, particles of purified coal are recovered on a vibrating screen before being mixed with heavy fuel oil. This coal-oil mixture is then suitable for combustion. (Photo: Ed Capes)

En pratique, le charbon de qualité inférieure est d'abord pulvérisé, et ensuite mélangé avec de l'eau et une petite quantité d'huile légère. En raison des propriétés très différentes de leurs surfaces, le charbon et ses impuretés se comportent très différemment dans ces deux liquides. L'huile peut « mouiller » les particules de charbon pur, provoquant leur agglomération en petites pastilles rondes qui peuvent ensuite être récupérées à l'aide d'un crible à mailles fines. Par contre, le soufre, la cendre et les autres matériaux inorganiques indésirables se maintiennent en suspension dans l'eau et passent à travers le crible.

C'est à la fois le niveau d'agitation du mélange et la quantité d'huile utilisée qui déterminent la nature du charbon obtenu. Après avoir mélangé le charbon pauvre à de petites quantités d'huile et l'avoir agité vigoureusement, on obtient des micro-agglomérés fins utilisés dans les centrales thermiques. Si on le mélange plus lentement mais avec un peu plus d'huile on obtient des pastilles plus grosses qui se transportent plus facilement par chemin de fer. En y ajoutant encore plus d'huile, le produit récupéré ressemble à une boue de charbon et d'huile qu'on peut substituer au mazout comme combustible dans les centrales électriques.

L'utilisation de la boue de charbon comme combustible n'est pas nouvelle, mais ce n'est que récemment qu'on a essayé l'agglomération sphérique comme technique d'épuration pour obtenir ce combustible. Le programme d'essais a commencé en 1977 à la centrale thermique de Chatham dans le Nouveau-Brunswick.

La Commission d'énergie électrique du Nouveau-Brunswick avait déjà étudié la possibilité d'utiliser la boue de charbon comme combustible en vue de réduire les coûts élevés liés à la consommation de mazout (10 millions de barils par année à ce moment) en mélangeant le mazout avec les ressources de charbon abondantes (et moins coûteuses) de cette province. Cependant ce plan comportait un grand inconvénient en ce qui a trait à l'environnement. Le charbon du Nouveau-Brunswick, en particulier, contient une grande proportion de soufre et de cendres dont la combustion engendre de graves problèmes de pollution. Le traitement par la technique de l'agglomération sphérique avait pour but d'atténuer ce problème en fournissant un charbon plus propre.

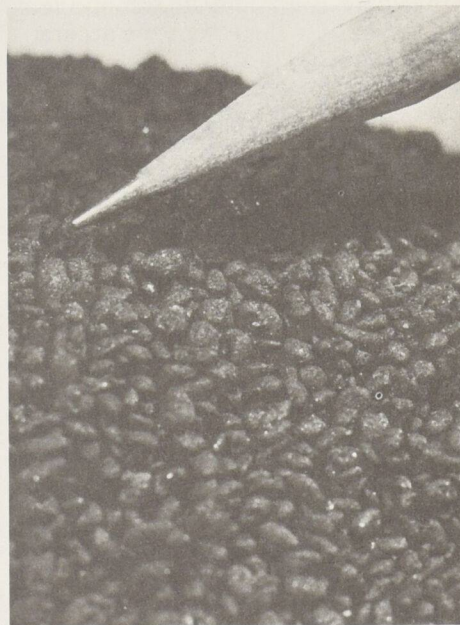
À l'usine de Chatham, on a utilisé

deux bassins d'agglomération pour extraire la cendre du charbon de qualité inférieure. Le produit, récupéré sous forme de petites particules, a été mis en suspension dans l'eau chaude, additionné de mazout lourd, et enfin passé au crible pour la récupération des particules agglomérées plus grosses, d'un diamètre de 2 à 3 mm. Ce matériau épuré a alors été remis en suspension dans un mazout lourd et est ainsi devenu une boue de charbon et de mazout propre à la combustion.

Au cours de la première année, le charbon contenu dans le mélange utilisé à la centrale de Chatham représentait 10% du poids total de ce combustible. On a ensuite augmenté la proportion jusqu'à 20% et les opérateurs prévoient de pouvoir l'augmenter jusqu'à 40%.

La Société de développement du Cap Breton, près de Sydney, en Nouvelle-Écosse, applique actuellement la technique de l'agglomération sphérique à un autre projet. L'eau qui a servi à laver le charbon est traitée par agglomération sphérique pour éliminer les très fines particules de charbon qui gênent habituellement certaines étapes de l'opération. Cette méthode permet non seulement de récupérer plus de charbon utilisable mais l'eau traitée redevient suffisamment propre pour servir de nouveau au nettoyage du charbon. □

Texte français: Denise de Broeck



Échantillon de charbon finement aggloméré. (Photo: Bruce Kane, CNRC)

A sample of finely-agglomerated coal. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Canada's time standard Cesium seconds

Physicists measure it as frequency from a primary cesium beam standard. We know it as minutes and seconds ticking by on the hands of a clock. Either way, time is the rhythm of society.

"Pardon me, do you have the correct time?" Ask that question at NRC's Division of Physics and you might hear more than you bargained for . . . an answer that's accurate to thousandths of a second.

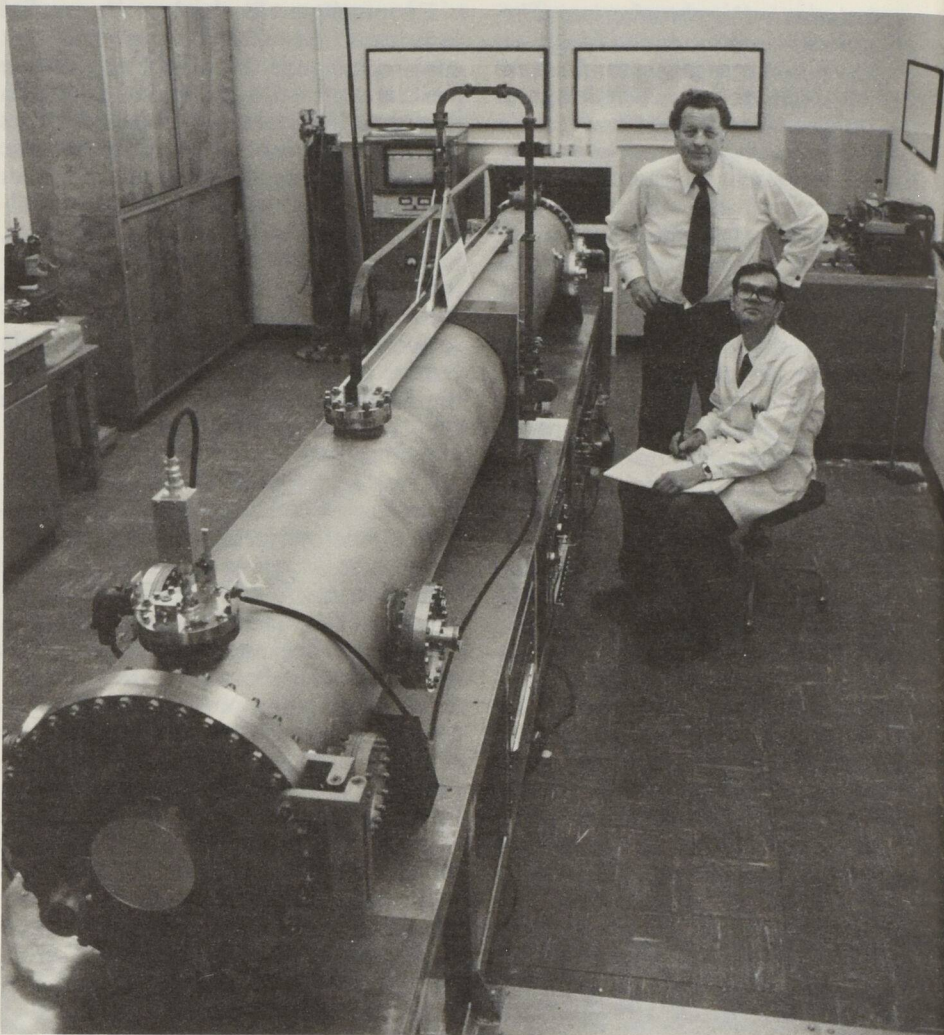
Of course, that's too fine to set our clocks and watches by . . . minutes are usually good enough. But for NRC's atomic clocks, errors of even a millionth of a second are considered much too great.

The time and frequency laboratory in Ottawa is Canada's official time-keeper. Today, our time scale is derived from a large master instrument, a so-called primary or reference standard. This atomic clock generates a precise frequency corresponding to special properties of cesium atoms. That frequency actually defines the basic unit of time, the second.

Years ago, physicists used early models of cesium beam generators as primary frequency standards. These instruments were run only at intervals to adjust a group of smaller secondary clocks which ran continuously and were used to generate the nation's time scale. In 1975, the system was improved by combining the continuous operation of a clock with the accuracy of a primary standard. The result was CsV, the world's most accurate and stable atomic clock, off by no more than three seconds in a million years.

The construction of CsV marked a departure from conventional timekeeping practices . . . it was the first primary frequency standard designed and built to operate as a clock. The approach has proven so successful that other national time laboratories, in Germany and the U.S.A., have recently adapted their existing primary standards to clock operation.

Having thus improved the NRC time service on a primary standard level, physicists decided to go a step further. They turned their attention to their group of three commercial secondary clocks used routinely for calibration or for international time comparisons with other standards laboratories. "What we were aiming for," recalls Dr. Allan Mungall, "was a new set of secondary clocks having the performance qualities of primary standards. Of



course, our experience with designing CsV gave us much of the necessary background to draw on."

After more than two years' work, a set of three new instruments, CsVI, was recently completed. Early tests indicate that the clocks are more stable than commercial models over a period of several hours and should be substantially more accurate. At present, physicists are evaluating the longer term stability (of the order of days or weeks).

"If things work out the way we hope," notes Mungall, "the CsVI ensemble will become our secondary standards, freeing our commercial clocks for other uses. For example, much of the calibration work we do involves transporting clocks from one location to another. Also, CsVI would certainly add another dimension to our ongoing research activities."

In recent months, Dr. Cecil Costain and co-workers at the laboratory have explored the use of satellites to compare time with French laboratories, the

Dr. Allan Mungall (seated) and laboratory head, Dr. Cecil Costain make adjustments to CsV, the most accurate atomic clock in the world. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Le Dr Allan Mungall (assis) et le Dr Cecil Costain, chef du laboratoire, ajustent l'horloge atomique la plus précise du monde: le CsV. (Photo: Bruce Kane, CNRC)

National Bureau of Standards in Colorado and the U.S. Naval Observatory (USNO) in Washington. In these experiments, the Symphonie and Hermes geostationary satellites have served as relay stations to transmit coded time signals back and forth between Ottawa and a distant partner laboratory. The NTS satellite on the other hand, carrying a cesium clock on board along with its own transmitter, has been used in a different way. Time signals have been sent from orbit to ground receivers at the Ottawa laboratory and at the USNO. Knowing the satellite's trajectory, the drift of its clock and the time taken for it to pass over the two centers, scientists have then been able to

L'étalon de temps canadien

Laissons le césium décider

Pour les physiciens il s'agit d'une fréquence dans le spectre de micro-ondes de l'atome de césium; pour le commun des mortels, il est simplement question des minutes et des secondes au cadran d'une horloge. Quoi qu'il en soit, c'est l'heure qui confère du rythme à la société.

Si vous demandez l'heure exacte à la Division de physique du CNRC, la réponse que vous obtiendrez devrait vous satisfaire amplement car l'heure qui vous sera donnée aura une précision d'un millième de seconde.

Évidemment, nous ne recherchons pas une pareille précision pour régler nos montres; nous nous contentons généralement de connaître l'heure et les minutes. Cependant, pour les horloges atomiques du CNRC, des erreurs de l'ordre d'un millionième de seconde sont considérées énormes.

Le laboratoire de temps et fréquence à Ottawa est le centre officiel de contrôle de l'heure pour le Canada. Aujourd'hui, l'échelle de temps est basée sur un instrument de référence de grande dimension, une horloge atomique dont la fréquence précise découle des propriétés particulières des atomes de césium. C'est cette fré-

quence qui sert, en réalité, à définir l'unité fondamentale de temps, la seconde.

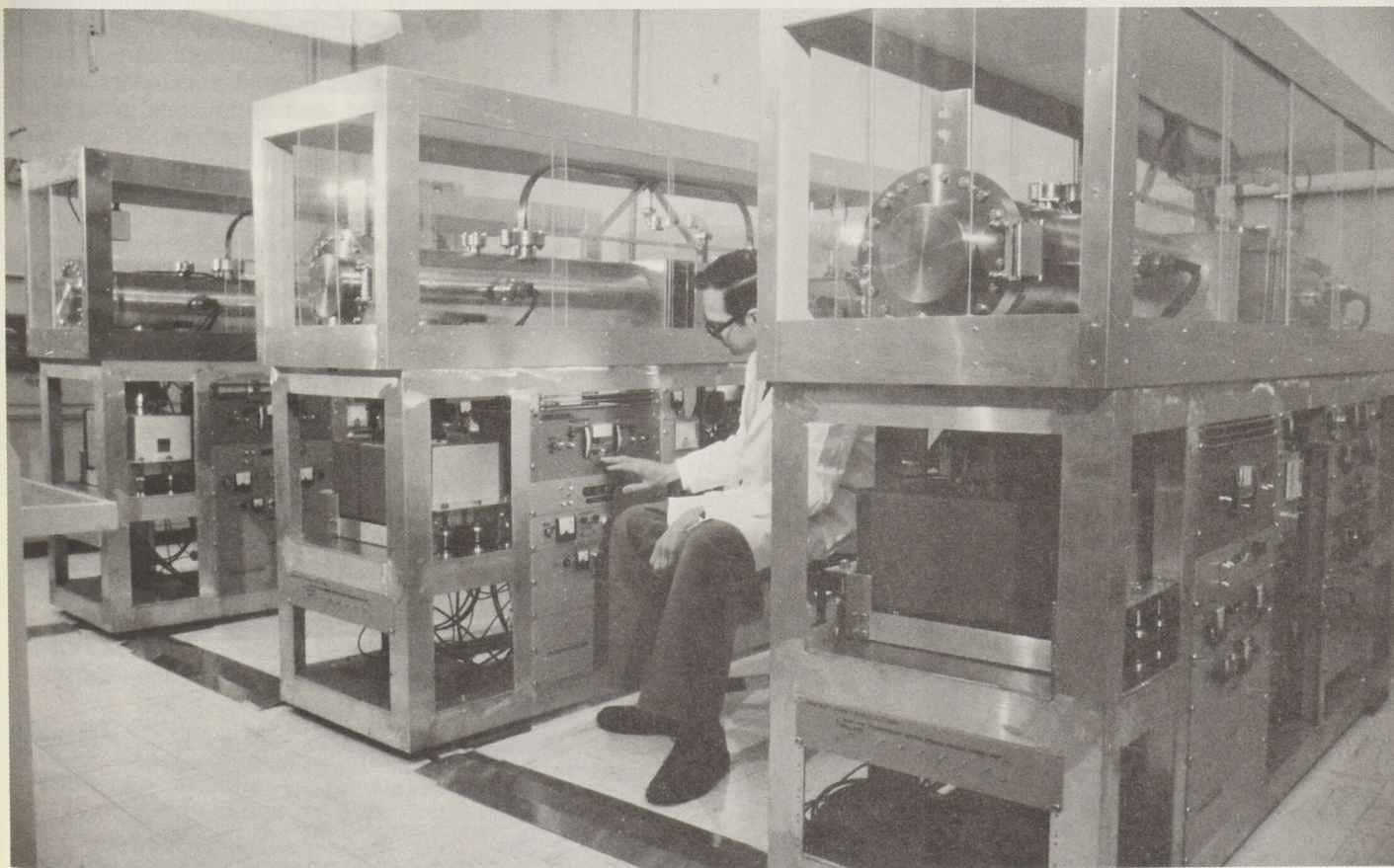
Il y a quelques années, les physiciens utilisaient les premiers modèles de générateurs de faisceaux de césium comme étalons de fréquence primaires. Ces instruments étaient mis en marche de temps à autre pour le réglage d'une batterie d'horloges atomiques secondaires, moins volumineuses, fonctionnant en permanence et donnant l'échelle de temps nationale. En 1975, le système a été amélioré lorsqu'on a combiné en un seul instrument l'horloge continue et l'étalon de fréquence primaire de grande précision. Cette union a donné le CsV qui est l'horloge atomique la plus précise et la plus stable du monde et dont la dérive n'excède pas plus de trois secondes en un million d'années.

La construction du CsV a amorcé l'abandon des méthodes classiques de contrôle de l'heure. Cet instrument est le premier étalon de fréquence primaire faisant également fonction d'horloge. Le succès de cette approche a incité d'autres laboratoires nationaux chargés du contrôle de l'heure, en Allemagne et aux États-Unis, à adopter le même principe.

Après avoir amélioré au niveau de l'étalon le service de l'heure offert par le CNRC, les physiciens intéressés décident d'approfondir leurs travaux. Ils se concentrent alors sur les trois horloges atomiques secondaires commerciales utilisées régulièrement comme instruments de référence et dont l'heure est constamment comparée à celle des laboratoires d'étalons internationaux. « Notre objectif », explique le Dr Allan Mungall, « était de mettre au point une nouvelle batterie d'horloges secondaires présentant les mêmes qualités qu'un étalon primaire. Évidemment, l'expérience que nous avons acquise lors de la conception du CsV nous a servi de base dans la réalisation de nos travaux. »

Ces trois nouvelles horloges atomiques au césium appelées CsVI sont des versions réduites de l'étalon primaire, le CsV. Les essais préliminaires ont indiqué que leur stabilité sur des périodes de plusieurs heures et leur précision sont supérieures à celles des modèles commerciaux. (Photo: Bruce Kane, CNRC)

Three new cesium beam atomic clocks, called CsVI, are scaled-down versions of the primary standard instrument, CsV. Early tests indicate they are more stable than commercial models over a period of several hours and should be considerably more accurate. (Photo: Bruce Kane, NRC)





calculate the time difference between their laboratories' clocks. In these experiments precision of a nanosecond (one billionth of a second) has been achieved, and the goal of the experiments is the transfer of the accuracy of the laboratory primary standard to radio navigation systems, where one billionth of a second is equivalent to one foot.

These methods of satellite time comparison are an improvement on current procedures, which involve transportation of portable clocks between laboratories or the use of the Loran-C radio navigation system. The Loran chain is a series of stations which spans the North Atlantic between the U.S.A. and Europe. Pulsed Loran signals, synchronized with the USNO time scale, provide a communication link for time laboratories and seagoing traffic alike.

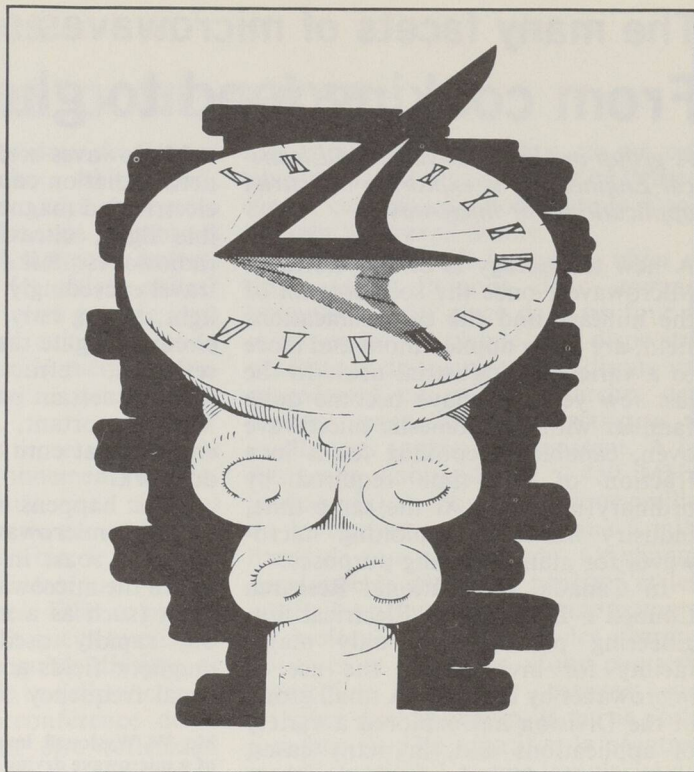
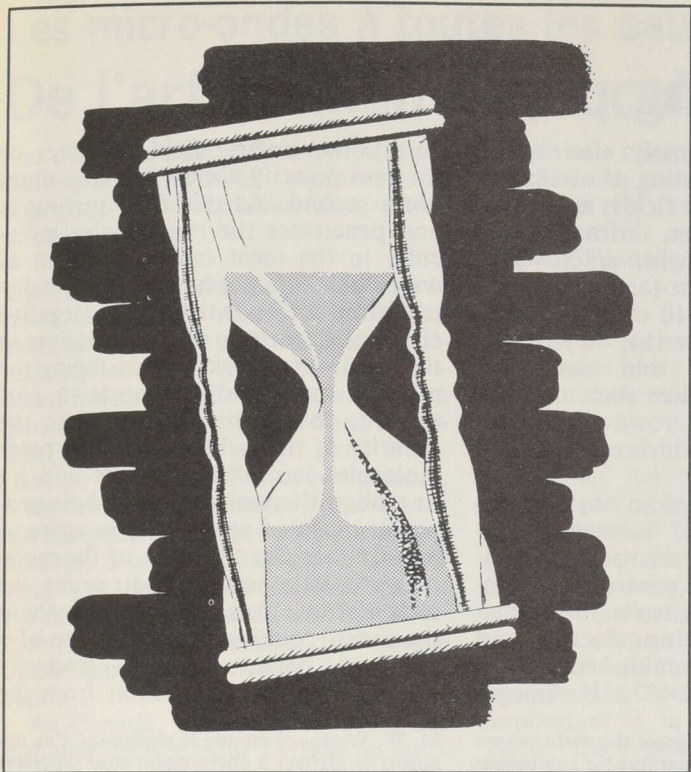
In addition to its work with other standards organizations, the time and frequency laboratory provides many services to Canadians at home. For example, a telephone time service, reached by dialing Ottawa numbers (613) 745-1576 (English language) or (613) 745-9426 (French language), is available to the general public. Round the clock, recorded voice messages provide the time of day at 10-second intervals, "NRC Eastern Standard Time, 16 hours, 31 minutes and 40 seconds." Time is also sent by direct telephone line from the main time laboratory to other government departments, the House of Commons and the Canadian Broadcasting Corporation. Another service enables distant users to synchronize their commercial clocks with NRC time using a telephone link and a special electronic code. Finally, voice recordings as well as coded time signals are broadcast continuously by short wave over station CHU in Ottawa.

What's in store for timekeeping in the future? "Everyone agrees on the second and the 24-hour day as the standard of time," says Mungall. "Of course there are still some problems with unwieldy numbers, for example 86,400 seconds in a day, or with months having anywhere from 28 to 31 days. But scientists now get around such difficulties by using decimal fractions of days in a Modified Julian Date system. For example, noon in Ottawa on March 15, 1979, measured to the nearest second would be written as MJD 43947.70833." □

Wally Cherwinski

In years gone by, mechanical clocks like this one set the time standard for society. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Autrefois l'heure de référence était donnée par des horloges mécaniques comme celle-ci. (Photo: Bruce Kane, CNRC)



Après plus de deux années d'efforts, on vient de mettre au point une batterie constituée de trois nouveaux instruments; il s'agit du CsVI. Les essais préliminaires ont prouvé que ces dispositifs sont plus précis et plus stables sur des durées de plusieurs heures que les modèles commerciaux analogues, et les physiciens procèdent actuellement à l'évaluation de leur stabilité à long terme (sur des périodes de quelques jours ou de quelques semaines).

« Si tout se passe comme prévu », ajoute le Dr Mungall, « le système CsVI deviendra notre étalon secondaire, ce qui nous permettra de réserver les horloges commerciales à d'autres usages. Cette réalisation nous évitera, par exemple, d'avoir à transporter ces horloges d'un laboratoire à un autre pour l'étalonnage d'instruments. Par ailleurs, le CsVI ajoutera certainement une nouvelle dimension à nos activités de recherche. »

Au cours de ces derniers mois, le Dr Cecil Costain et ses collègues ont étudié l'utilisation de satellites pour la comparaison de l'heure entre le Canada, les laboratoires responsables, en France, le National Bureau of Standards, au Colorado, et le Naval Observatory (USNO), à Washington. Lors de ces expériences, les satellites géostationnaires Symphonie et Hermes ont servi de relais pour la transmission et l'échange de signaux horaires codés entre Ottawa et certains laboratoires éloignés. Le satellite NTS, équipé d'une horloge atomique au césium et d'un émetteur, a, de son côté, envoyé des signaux horaires aux récepteurs ter-

restres situés à Ottawa et à l'USNO. Connaissant les coordonnées de la trajectoire du satellite, la dérive des deux horloges et la durée nécessaire au passage d'un centre à un autre, les scientifiques ont réussi à calculer la différence d'heure entre les deux laboratoires. Ces expériences ont demandé une précision de l'ordre de la nanoseconde (un milliardième de seconde) et leur but a été de transférer la précision de l'étalon primaire situé au laboratoire aux systèmes de navigation radio-électriques pour lesquels une différence d'un milliardième de seconde peut entraîner une erreur d'un pied.

Ces méthodes de comparaison de l'heure au moyen de satellites sont le résultat d'un perfectionnement des procédés classiques qui consistaient à déplacer des horloges portatives d'un laboratoire à un autre ou à utiliser le système de navigation radioélectrique Loran-C. La chaîne Loran est composée d'une série de stations qui parcourent le nord de l'Atlantique et relient les États-Unis à l'Europe. Les signaux radio pulsés de ce système, une fois synchronisés à l'échelle de temps de l'USNO, fournissent une liaison entre les laboratoires de temps et le trafic maritime.

En plus de ses travaux en collaboration avec d'autres organismes responsables des étalons, le laboratoire de temps et fréquence assure un grand nombre de services aux Canadiens à l'intérieur du pays comme, par exemple, le service horaire téléphonique public. Les usagers peuvent, en effet, obtenir l'heure en langue an-

glaise ou en langue française en composant respectivement les numéros suivants d'Ottawa: (613) 745-1576 ou (613) 745-9426. À la journée longue, une horloge parlante annonce l'heure toutes les dix secondes: « CNRC, heure normale de l'Est, 16 heures, 31 minutes et 40 secondes ». L'heure est également transmise par ligne téléphonique directe du laboratoire principal de l'heure aux ministères gouvernementaux, à la Chambre des communes et à Radio-Canada. Un autre service permet aux usagés éloignés de synchroniser leurs horloges commerciales à l'heure du CNRC au moyen d'une liaison téléphonique et d'un code électronique particulier. Finalement, des enregistrements vocaux et des signaux horaires codés sont continuellement transmis sur ondes courtes, par CHU, à partir d'Ottawa.

Que réserve l'avenir au domaine du contrôle de l'heure? « Tout le monde est d'accord en ce qui concerne l'utilisation de la seconde et de la journée de 24 heures comme intervalles de temps », indique le Dr Mungall. « Évidemment on rencontre encore certaines difficultés arithmétiques comme d'avoir, par exemple, 86 400 secondes dans une journée ou bien des irrégularités, notamment des mois allant de 28 à 31 jours. Cependant les scientifiques surmontent maintenant ces difficultés en exprimant les dates en jours juliens. Par exemple, à la journée du 15 mars 1979, à 12 h, à Ottawa, correspond, à la seconde près, le jour julien 43947, 70833. » □

Texte français: Annie Hlavats

The many facets of microwaves

From cooking food to gluing paper

A group in NRC's Division of Electrical Engineering is exploring industrial applications for microwaves.

A new technology is on the horizon. Microwaves, once the sole domain of the military and the communications field, are being applied more and more to a variety of industrial uses. In the last few years we have become quite familiar with the domestic microwave oven, capable of cooking foods in a fraction of the time required by ordinary methods. At the same time, industry has been exploiting microwaves for manufacturing purposes.

In Canada, the National Research Council's Division of Electrical Engineering provides the only major facility for investigating the use of microwaves by industry. A small group in the Division has explored a variety of applications and, in many cases, assisted industry in implementing these innovations.

But what are microwaves? What is it about this invisible energy that allows us to cook a roast in 15 minutes when the same task takes three hours in a standard oven?

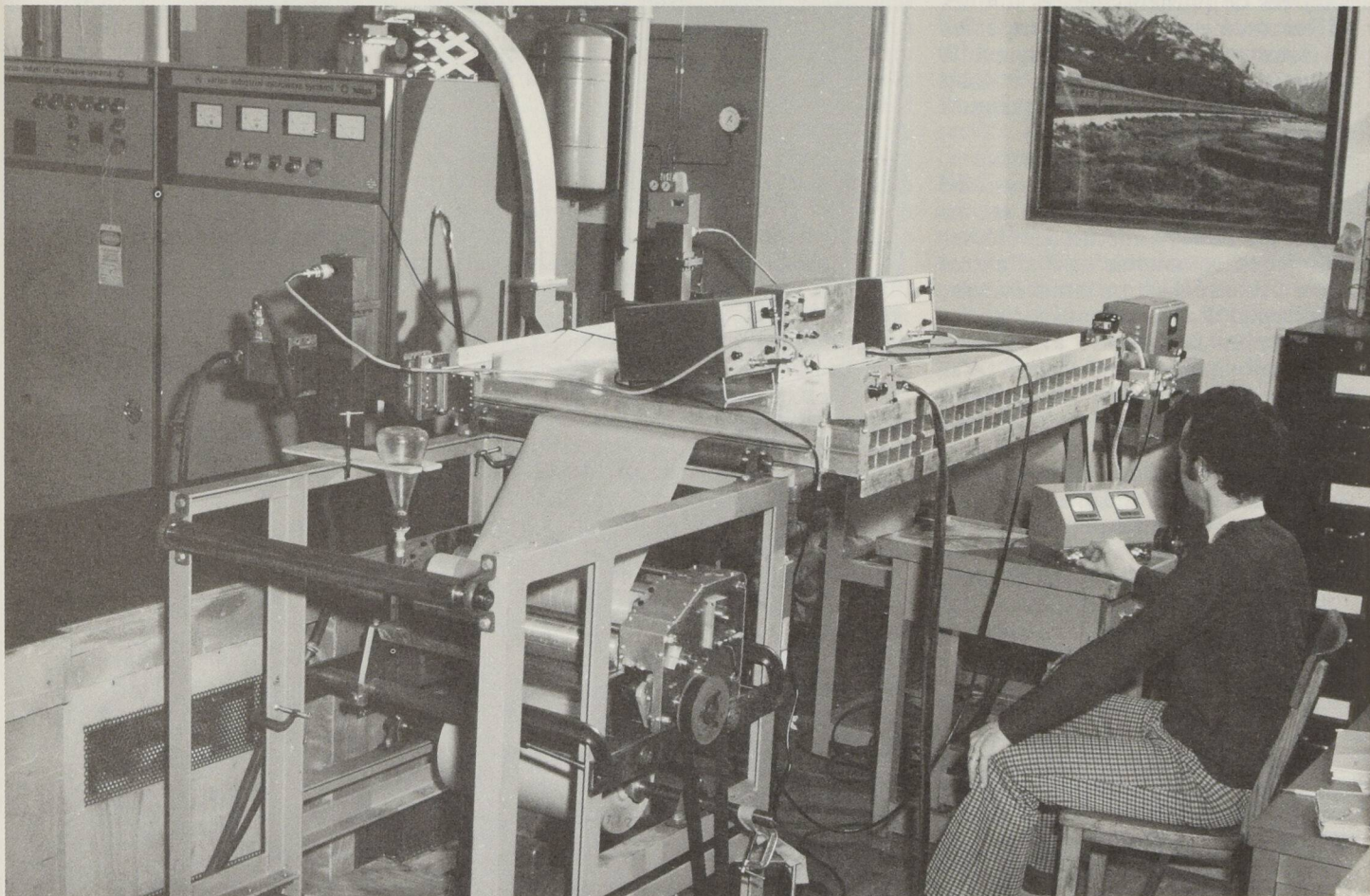
Microwaves are, simply, electromagnetic radiation consisting of oscillating electric and magnetic fields, as are visible light, ultraviolet, infrared, and radiowaves. Like light, microwaves travel exceedingly fast (at the speed of light, taking only 1/10 of a second to circumnavigate the earth); they can be reflected, refracted and can pass through certain barriers such as glass. Most important, microwaves contain energy, that entity which allows us to do work.

What happens when an object is exposed to microwaves? Take the example of a roast in a microwave oven. When the microwave generating equipment (such as a magnetron) is turned on, rapidly oscillating electric and magnetic fields are established. At the usual frequency of 2 450 MHz (mega-

Mr. W. Wyslouzil investigates the performance of a microwave drying apparatus for continuous sheet materials (paper, in this case). In the background is the laboratory's 30 kW, 2450 MHz microwave source. The test apparatus includes a transport mechanism, and a special system for applying the microwaves to the paper, called a serpentine applicator. (Photo: DEE/NRC)

hertz), the electric field oscillates or reverses polarity almost 5 billion times every second. As this field surrounds and penetrates the roast, polar molecules in the meat (molecules such as water which do not have a uniform distribution of positive and negative charges) attempt to align themselves in the field - the positive part facing the negative pole and the negative part towards the positive pole. When the polarity of the field reverses the polar molecules immediately rotate and try to realign themselves. This whole process is repeated over and over again so rapidly that the vibration of the molecule produces heat. In short order, the temperature rises evenly throughout the meat, cooking it. In the case of a standard oven, meat is gradually cooked by heat conduction from the

M. W. Wyslouzil mesure le rendement d'un dispositif de séchage à micro-ondes pour matériaux en feuilles débitées en continu (ici, du papier). On aperçoit à l'arrière-plan la source de micro-ondes émises à la fréquence de 2450 MHz sous une puissance de 30 kW. L'appareillage d'essai comporte un mécanisme de transport et un système spécial pour l'application des micro-ondes au papier, appelée applicateur en serpent. (Photo: DGÉ/CNRC)



Les micro-ondes à toutes les sauces

De l'art culinaire aux colles pour papier

Des chercheurs de la Division de génie électrique du CNRC explorent les applications industrielles des micro-ondes.

Une nouvelle technologie est sur le point de naître. Autrefois domaine exclusif de l'armée et des télécommunications, les micro-ondes trouvent aujourd'hui des applications de plus en plus nombreuses et variées dans le secteur industriel. On a fini par s'habituer, au cours de ces dernières années, à ces fours à micro-ondes domestiques qui permettent de réduire la cuisson des aliments à une fraction du temps que cette opération requiert habituellement par les méthodes classiques. Parallèlement, l'industrie emploie les micro-ondes dans ses processus de fabrication.

Au Canada, la seule installation importante utilisée pour l'étude de leurs applications industrielles se trouve à la

Inside the microwave oven an electric field (wavy arrows) with a positive and negative pole is set up. Dipolar molecules, such as water with its one oxygen and two hydrogen atoms, have one region with a slight positive charge (δ^+) and another with a slight negative charge (δ^-). The positive pole of water is attracted to the negative pole of the electric field and vice versa, causing the molecule to rotate slightly (heavy arrows). Because the electric field in a microwave oven reverses polarity almost five billion times every second, the water molecules try to do the same, causing them to vibrate madly, generating heat throughout the food. (Graphics: John Bianchi)

Division de génie électrique du Conseil national de recherches, où un petit groupe de chercheurs a déjà obtenu des résultats qu'il a, dans de nombreux cas, aidé l'industrie à mettre en œuvre.

Mais que sont les micro-ondes? Qu'est-ce qui, dans cette énergie invisible, nous permet de cuire un rôti en 15 minutes alors que la même opération demande trois heures dans un four classique?

Les micro-ondes représentent tout simplement un rayonnement électromagnétique constitué de champs magnétiques et électriques oscillants, comme la lumière visible, le rayonnement ultraviolet, l'infrarouge et les ondes radioélectriques. Elles se propagent à la même vitesse que la lumière et il ne leur faut donc qu'un dixième de seconde pour couvrir une distance correspondant à la circonférence de la Terre. Elles peuvent être réfléchies, réfractées et traverser certains obsta-

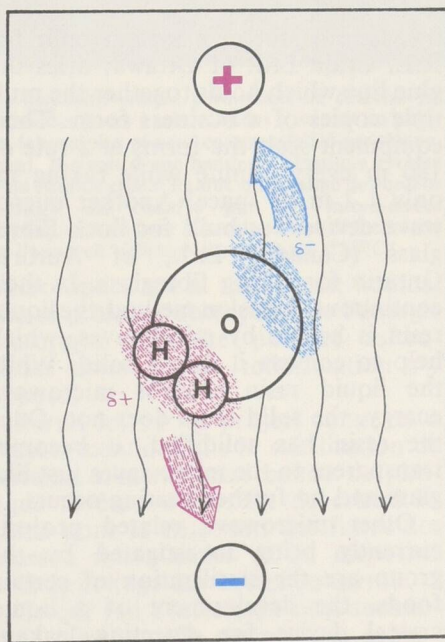
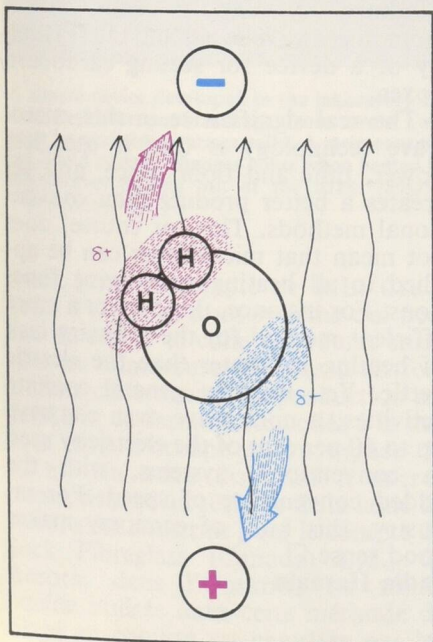
C'est un champ électrique (flèches ondulées) à pôles négatif et positif qui est créé à l'intérieur d'un four à micro-ondes. Les molécules dipolaires comme celles de l'eau, composées d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène, comportent une région ayant une charge légèrement positive (δ^+) et une région dont la charge (δ^-) est légèrement négative. Le pôle positif de l'eau est attiré vers le pôle négatif du champ électrique et vice versa et ceci entraîne une légère rotation de la molécule (flèches grasses). La polarité étant inversée presque 5 milliards de fois par seconde dans un four à micro-ondes, les molécules d'eau essaient d'en faire autant et, ce faisant, elles se mettent à vibrer follement en produisant de la chaleur dans l'aliment. (Illustration: John Bianchi)

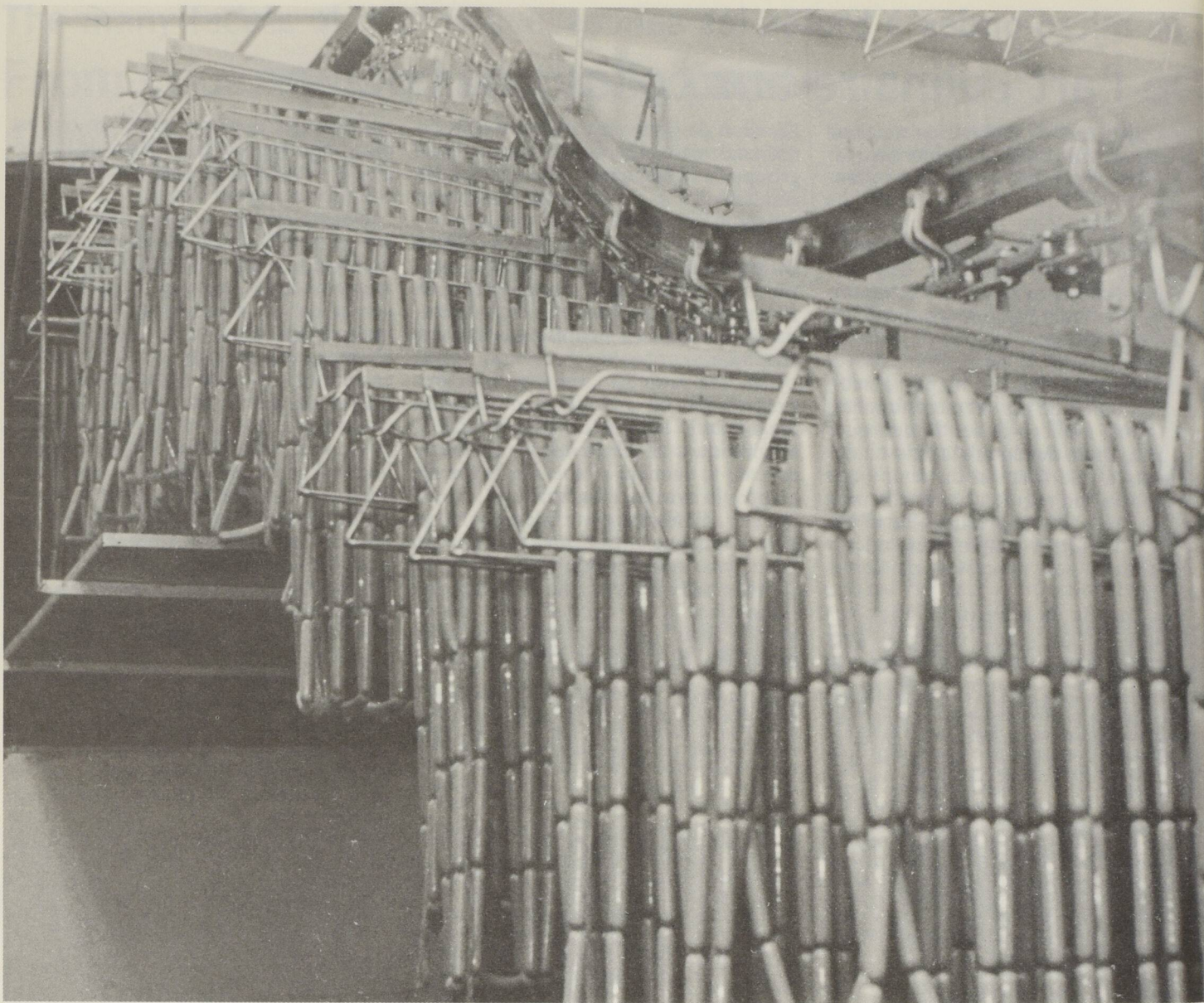
cles comme le verre. Mais, ce qui est plus important, elles recèlent de l'énergie, et cette énergie nous permet d'accomplir un travail donné.

Que se passe-t-il lorsqu'un objet y est exposé? Prenons donc comme exemple un rôti placé dans un four à micro-ondes. Lorsque le dispositif générateur de micro-ondes (disons un magnétron) est mis en marche, des champs magnétiques et électriques à oscillations rapides apparaissent. À la fréquence habituelle de 2 450 MHz (mégahertz), le champ électrique oscille ou inverse sa polarité presque 5 milliards de fois par seconde. Ce champ enveloppe le rôti et le pénètre, et les molécules polaires de la viande (comme les molécules d'eau, dont les charges positives et négatives n'ont pas une répartition uniforme) essaient de s'aligner dans le champ, la partie positive face au pôle négatif et la négative au pôle positif. Lorsque la polarité du champ s'inverse les molécules polaires entrent immédiatement en rotation et essaient de se réaligner. Ce processus se répète indéfiniment et si rapidement que la vibration des molécules produit de la chaleur. En très peu de temps, la température s'élève uniformément dans le rôti, assurant sa cuisson. Dans le cas d'un four classique, la viande cuit graduellement par conduction de la chaleur de l'extérieur vers le centre.

C'est en 1966 que le CNRC a lancé son programme d'étude des applications industrielles des micro-ondes à la suite de la commande par l'Office national du film d'un appareil de séchage à micro-ondes pour les clichés photographiques grand format. Lorsque des clichés humides sont exposés aux micro-ondes dans ce séchoir, seule l'eau se réchauffe parce que le papier est transparent à ce rayonnement et, la température de l'eau augmentant, celle-ci s'évapore sans endommager le cliché. Le même principe a déjà été appliqué au séchage des films photographiques et plusieurs appareils de séchage expérimentaux ont été mis au point en collaboration avec l'industrie. L'Office national du film a récemment utilisé un de ces appareils pour remettre en état de vieux films cinématographiques découverts dans le sol du Yukon. Grâce aux micro-ondes, ces films fragiles ont pu être nettoyés et séchés sans dommage.

Depuis la mise au point de cet appareil, de nombreuses autres applications des micro-ondes ont été étudiées et certaines ont été adoptées par l'industrie. L'une de celles-ci a abouti à la mise au





outside to the center.

The NRC program for exploring the uses of microwaves in industrial processing began in 1966 when, on request, a microwave drier for large photographic prints was built for the National Film Board (NFB). When wet print is exposed to microwaves in this drier, only the water gains heat since the paper itself is transparent to this radiation. As the water temperature increases, it evaporates without damaging the print. The same principle has been applied to drying photographic film, and a number of experimental film driers have been developed in cooperation with industry. Recently, one of these units was used by the NFB to help restore old movie films found buried in the Yukon. The fragile film was washed and safely dried with microwaves.

Since the initial development of the film drier, many other microwave applications have been explored and some are currently being used by indus-

In the future, microwaves could play a big part in the food processing industry. (Photo: Canada Packers Ltd.)

try. One of these, a system built for R.L. Crain Ltd. of Ottawa, dries the glue line which holds together the multiple copies of a business form. Their equipment seals the forms at a rate of 180 m every minute while taking up only 1.2 m of space. Another microwave device was built for Sock Fibreglass (Canada) Ltd., of Aurora, Ontario, for curing fibreglass. In their continuous extrusion method, the liquid resin is heated by microwaves, which help to convert it into a solid. While the liquid resin absorbs microwave energy, the solid form does not. Once the resin has solidified, it becomes transparent to the microwaves just like glass and no further heating occurs.

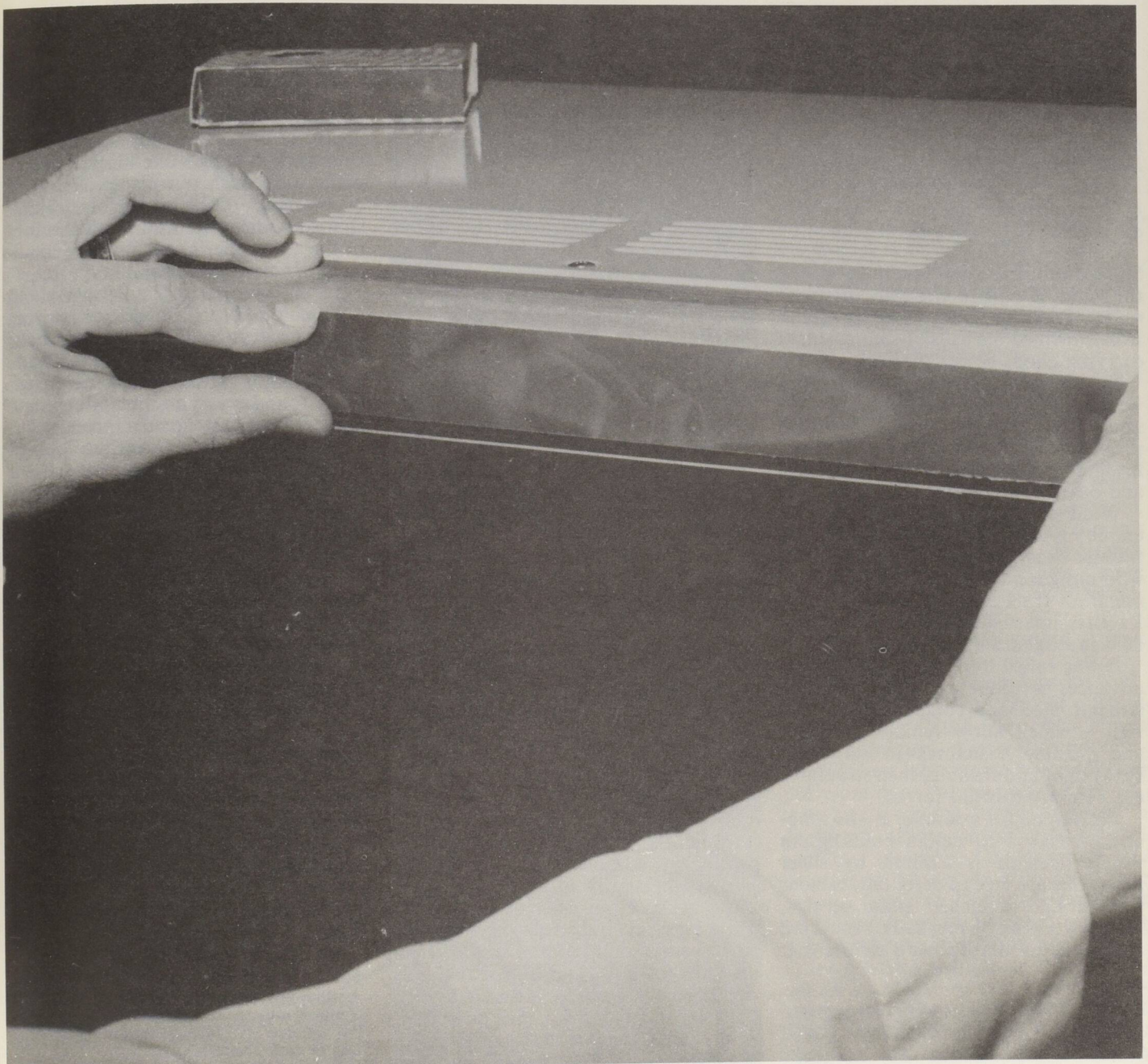
Other microwave related projects currently being investigated by the group are the sterilization of certain foods, the development of a liquid crystal device for detecting leakage

À l'avenir, les micro-ondes pourraient jouer un rôle important dans l'industrie alimentaire. (Photo: Canada Packers Ltd.)

from microwave ovens and the feasibility of a device for sealing cardboard boxes.

The real significance in this microwave technology is that it uses less power, time and floor space, and yet creates a better product than conventional methods. This, of course, does not mean that microwaves can be applied to all heating and drying functions. For instance, there is not a more efficient method for the ordinary task of heating tea water than the electric kettle. Yet, in other general cooking activities, a microwave oven can save up to 60 per cent of the electricity used in conventional systems, with the added convenience of speed. For industry, this kind of economy makes good sense. □

Sadiq Hasnain



A simple device developed in the laboratory for detecting microwave leakage from ovens will soon be available commercially. A strip containing liquid crystals changes color when heated by microwaves leaking out of the oven. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Ce dispositif simple permettant de détecter les fuites des fours à micro-ondes a été mis au point au laboratoire et sera commercialisé prochainement. Il s'agit d'une bande de plastique revêtue d'un film de cristal liquide qui change de couleur lorsqu'il est chauffé par des micro-ondes s'échappant du four à la suite d'une défectuosité de l'appareil. (Photo: Bruce Kane, CNRC)

point, pour le compte de R.L. Crain Ltd., d'Ottawa, d'un système qui permet de sécher la colle qui réunit entre elles les nombreuses feuilles d'un formulaire commercial. Sa production est de 180 m de formulaires collés à la minute et il n'occupe qu'un espace de 1,2 m. Un autre dispositif à micro-ondes, destiné au séchage de la laine de verre, a été construit pour le compte de Sock Fibreglass (Canada) Ltd., de Aurora, dans l'Ontario. La résine liquide utilisée dans cette méthode de filage en continu est chauffée par les

micro-ondes qui la solidifient; liquide, elle se prête à l'absorption de l'énergie thermique produite par les micro-ondes alors que la solidification s'y oppose.

Parmi les autres projets connexes à l'essai, mentionnons la stérilisation de certains aliments, une bande de plastique revêtue d'un film de cristal liquide pour la détection des fuites des fours à micro-ondes et un dispositif pour le collage des boîtes en carton.

Ce qui fait l'intérêt de cette technologie c'est qu'elle permet des écono-

mies d'énergie, de temps et d'espace tout en permettant de réaliser un meilleur produit que par les méthodes conventionnelles. Bien entendu, cela ne signifie pas que les micro-ondes peuvent être appliquées à tous les cas où l'on a besoin de chauffer et de sécher. Il n'existe pas, par exemple, de méthode plus efficace pour faire chauffer l'eau du thé ou du café que la bouilloire électrique. Toutefois, pour d'autres problèmes de cuisson, le four à micro-ondes permet une économie d'électricité pouvant atteindre 60% et un gain de temps appréciable par rapport aux appareils classiques. Pour les industriels, ce genre d'économie constitue un atout précieux. □

Texte français: Claude Devismes

Wind engineering

The art of designing for the wind

With pioneering contributions from both the National Aeronautical Establishment and the Division of Building Research, wind engineering, a new field concerned with how the wind acts on objects, is broadening in scope.

Since antiquity, man has made use of the wind. It turned the sails of wind-mills, grinding grain and pumping water; it filled the sails of sailing ships, carrying goods across the seas.

But despite centuries of familiarity with the wind, it is only recently that scientists and engineers have begun to probe into how its restless forces affect bridges, buildings, transmission lines and other objects on the ground.

Wind engineering, as this field of enquiry is known, is new. Its first practitioner was probably Gustaf Eiffel, who designed the tower that bears his name for the Paris exhibition of 1889. Its first international conference was held in England in 1963.

It was called into being by dramatic advances in technology – such as high-strength steel and computer-aided design – which allow remarkably light and flexible structures to be built. Being light and flexible, such structures can respond to wind forces.

Architects, for example, are no longer constrained to design buildings in which strength is assured by sheer mass, but are free to erect tall, slender towers. Like stretched guitar strings, such towers can be plucked by the wind and made to vibrate, with results that

are uncomfortable for the occupants, and destructive for walls and windows.

Since World War II the weight per unit volume of buildings has been quartered. In the same period, the weight of bridges per unit area of road deck has been halved. Like high-rise buildings, modern large-span bridges are light and elastic, capable of wind-induced oscillations which can be catastrophic.

The most spectacular case of destruction by wind forces on record is that of the 1 524 m long Tacoma Narrows bridge in Washington State, which collapsed on July 9, 1940. It didn't precisely *blow* down. It was torn apart by a violent twisting known as flutter, set up in its road deck by 55 km/h winds.

The action of the wind can be quite complex. Where in Canada can one find guidance on how to design for it? During the past decade, a growing volume of wind engineering problems have been tackled and solved by the Low Speed Aerodynamics Laboratory of NRC's National Aeronautical Establishment, and by the Building Structures Section of the Division of Building Research.

Aerodynamicists study the subtle play of forces set up by bodies moving through the air, or by air flowing past stationary bodies. Their science evolved primarily to answer the questions asked by aircraft designers, and their experimental tools, wind tunnels, are essentially large tubes down which air is blown and in which the forces on model aircraft can be measured.

A decade ago it was not possible to study wind engineering problems in the NRC wind tunnels, all of which had been designed for aeronautical research – that is, designed to reproduce, within the laboratory, the conditions

encountered by streamlined bodies (aircraft) moving relatively rapidly and smoothly through the ocean of air which surrounds our planet. But wind engineering problems involve bluff-shaped bodies and occur at the bottom of the atmospheric ocean, where conditions are quite different.

In a layer extending from about 1 000 m down to ground level, moving air is progressively slowed and made turbulent by friction with the ground.

In a major breakthrough, NRC engineers found a way to modify aeronautical wind tunnels so as to produce airflows like those in the bottom layer of the atmosphere. Just upstream of the part of the tunnel in which models are placed, they install spires (tapered so that the closer the air flowing around them is to the tunnel floor, the more it is slowed) and a stretch of rough textured, friction-inducing, surface. This ingenious system, widely copied elsewhere, has made it possible for NRC to contribute extensively to the field of wind engineering without having to build expensive special wind tunnels.

By putting detailed model buildings into these modified wind tunnels, and recording data with sensors which measure the forces of flowing air and the vibrations it induces, researchers can predict how full-size structures will respond to the wind.

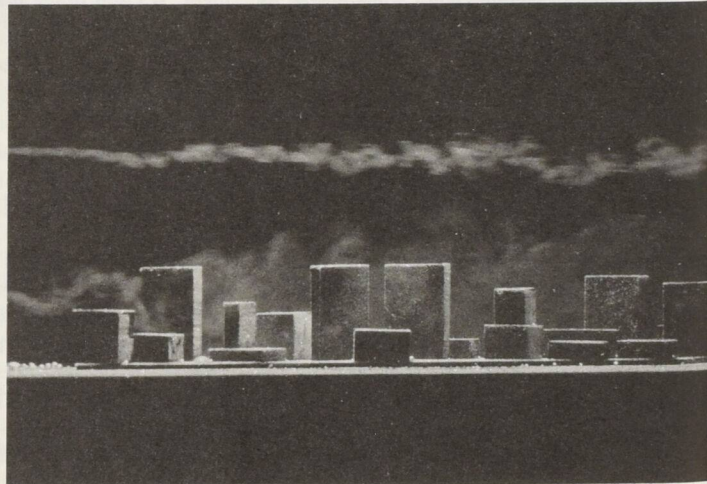
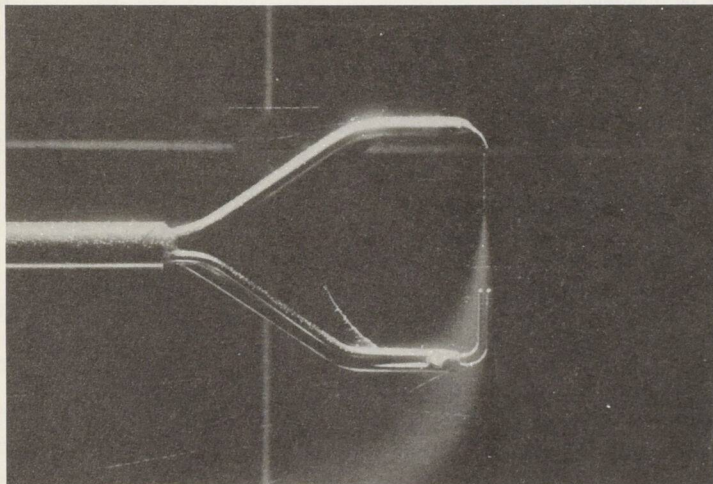
In order to verify that designers can use wind tunnel predictions with confidence, the Division of Building Research has tested real buildings in a

A windy city. To take a preliminary look at such complex subjects scientists put models and yellow colored dye into flowing water. (Photo: George Dobrodzicki, NAE)

Une ville exposée aux vents. Un colorant jaune ajouté à l'eau permet aux chercheurs de visualiser l'écoulement de l'air autour des maquettes. (Photo: George Dobrodzicki, ÉAN)

This is a fluidics device – a flow speed sensor – working in a water tunnel. (Photo: George Dobrodzicki, NAE)

Cet instrument utilisé en fluidique est constitué d'un capteur et sert à mesurer la vitesse de l'écoulement dans un tunnel hydrodynamique. (Photo: George Dobrodzicki, ÉAN)



Le génie éolien

Une science dans le vent

Grâce à la contribution de l'Établissement aéronautique national et de la Division des recherches en bâtiment, le génie éolien, nouvelle science s'intéressant au mécanisme d'action des vents, se développe continuellement.

Depuis l'antiquité, l'homme a tiré profit du vent. Il s'en est servi pour faire tourner les pales des moulins à vent qui broyaient le grain et pompaient l'eau, et pour gonfler les voiles des navires chargés de marchandises et les mener d'un continent à un autre.

Cependant, bien que l'exploitation du vent remonte à plusieurs siècles, ce n'est que récemment que des scientifiques et des ingénieurs ont commencé à étudier l'effet de cette force turbulente sur les ponts, les bâtiments, les lignes de transmission et les autres objets situés au sol.

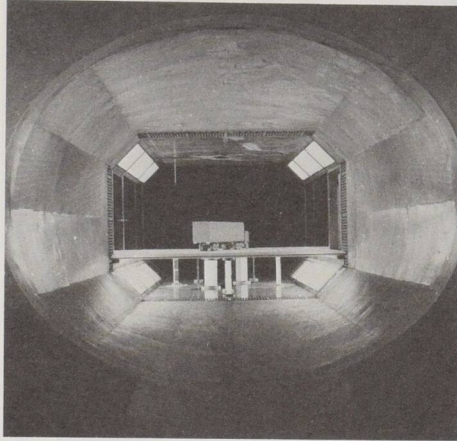
Ce domaine, portant le nom de génie éolien, fait l'objet d'une nouvelle science. Le premier de ses adeptes a sans doute été Gustave Eiffel, dessinateur de la tour portant son nom et érigée à l'occasion de l'exposition de Paris, en 1889. Mais, ce n'est qu'en 1963 que la première conférence internationale sur cette question a lieu en Angleterre.

L'avènement de cette discipline est l'aboutissement de progrès techniques remarquables comme, par exemple, l'apparition des aciers à haute résistance et le développement de la conception assistée par ordinateur qui ont permis la construction de structures d'une souplesse et d'une légèreté considérables. Ces structures peuvent cependant, étant donné leur nature, osciller sous l'action du vent.

Aujourd'hui les architectes ne sont plus tenus de dessiner des édifices dont la robustesse est proportionnelle à la masse; ils sont libres d'ériger des tours hautes et élancées. Or, tout comme les cordes tendues d'une guitare, ces structures peuvent vibrer sous l'action du vent et ceci risque non seulement d'être désagréable pour les occupants, mais de s'accompagner également de dégâts considérables.

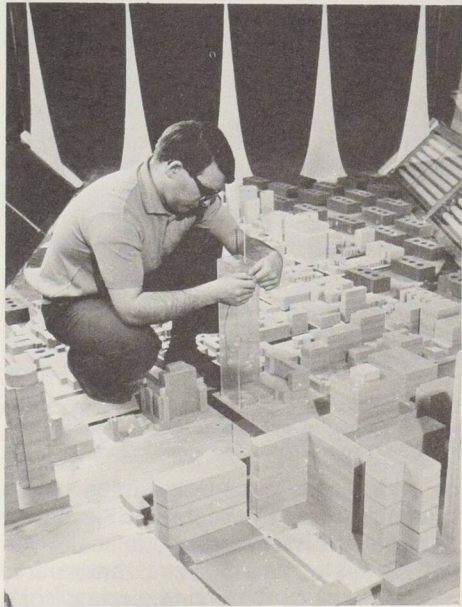
Depuis la Seconde Guerre mondiale, le poids des bâtiments par unité de volume a baissé des trois quarts et le poids des ponts par unité de surface de tablier a diminué de moitié. Tout comme les immeubles élevés, les ponts modernes à grandes travées, légers et élastiques, sont susceptibles d'osciller sous l'action du vent, ce qui entraîne des risques très sérieux.

L'effondrement du pont suspendu



Maquette de camion dans la veine d'essais d'une soufflerie. Les ingénieurs ont conçu des moyens de réduire la traînée aérodynamique des camions et partant, leur consommation en carburant. (Photo: Bruce Kane, CNRC)

A model truck in the test section of a wind tunnel. Wind engineers have helped save fuel by evaluating ways of streamlining trucks. (Photo: Bruce Kane, NRC).



Tout comme Gulliver, ce technicien domine cette ville miniature. Les spires fuselées et les briques responsables des phénomènes de turbulence permettent de reproduire l'écoulement du vent près du sol. (Photo: Bruce Kane, CNRC)

Like Gulliver, a wind engineering worker dominates a miniature city. Notice the tapered spires and turbulence inducing bricks, devices which help simulate wind conditions found close to the ground. (Photo: Bruce Kane, NRC)

de 1 524 m de Tacoma, dans l'État de Washington, le 9 juillet 1940, est l'exemple le plus spectaculaire de destruction causée par le vent. Il fut déchiré par des mouvements violents du tablier appelés flottements et provoqués par des vents soufflant à 55 km/h.

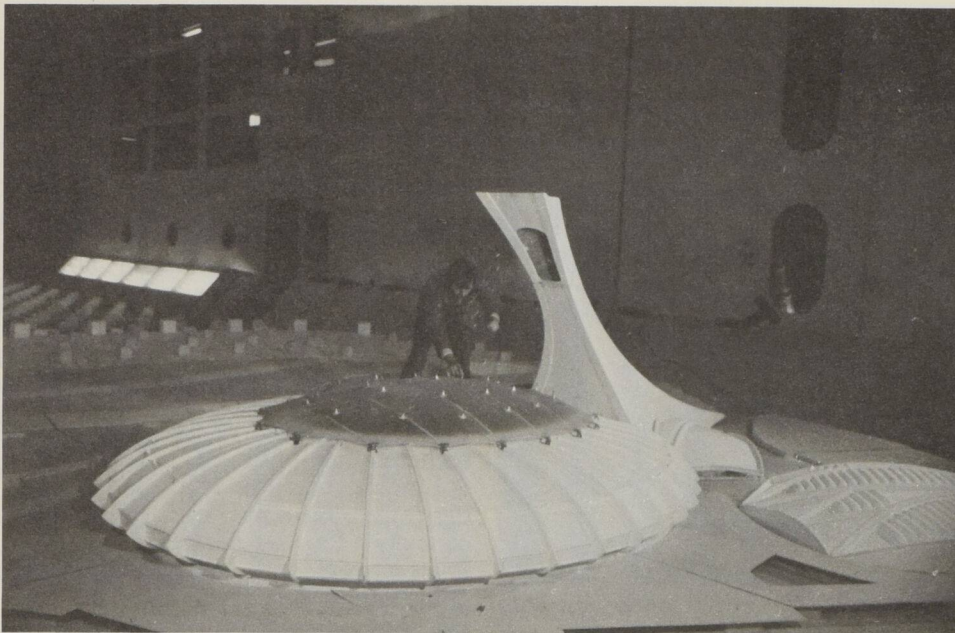
Le vent peut agir d'une façon très complexe. Mais où s'informer au Canada sur les mesures à prendre pour éviter ses effets néfastes? Au cours de cette dernière décennie, un nombre croissant de problèmes techniques ont été étudiés et résolus par le laboratoire d'aérodynamique des faibles vitesses de l'Établissement aéronautique national du CNRC et par la section de structure du bâtiment de la Division des recherches en bâtiment.

L'aérodynamique étudie le jeu subtil des forces créées par des corps se déplaçant dans l'air ou par l'écoulement de l'air autour de corps stationnaires. Cette science s'est notamment développée pour répondre aux questions soulevées par des dessinateurs d'aéronefs; elle utilise comme installations d'essais des souffleries constituées de grands tunnels où sont soufflés des jets d'air et où l'on mesure les forces exercées sur des maquettes d'avions.

Il y a une dizaine d'années, il était impossible d'étudier des problèmes relevant du génie éolien dans les souffleries du CNRC qui étaient surtout conçues pour l'étude des phénomènes aérodynamiques, c'est-à-dire pour reproduire en laboratoire les conditions prévalant dans l'atmosphère et rencontrées par les corps fuselés (avions) se déplaçant d'une façon relativement rapide et régulière. Or, les problèmes de génie éolien sont liés à la présence de corps à forme renflée et surviennent à proximité du sol où les conditions sont considérablement différentes.

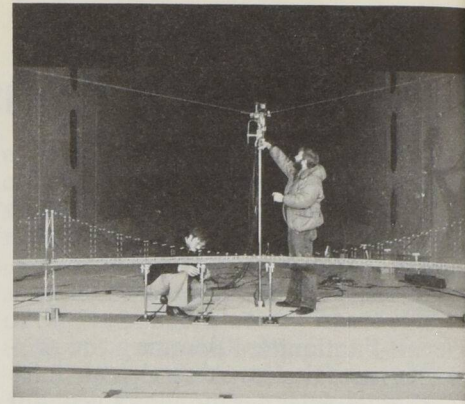
Jusqu'à une altitude de 1 000 m au-dessus du niveau du sol, l'air en mouvement est progressivement ralenti et rendu turbulent par les frottements résultant du contact avec l'écorce terrestre.

À la suite d'une réalisation majeure, les ingénieurs du CNRC ont découvert le moyen de modifier les souffleries existantes et d'y créer des courants semblables à ceux qui circulent au niveau du sol. En amont de la partie supérieure du tunnel où sont situées les maquettes, ils ont installé des spires en forme de cônes (pour que l'air soit de plus en plus ralenti à mesure qu'il se rapproche du sol) et ils ont recouvert une partie de la surface d'un revêtement irrégulier permettant de créer des frottements. Ce système ingénieux, qui a été adopté dans plusieurs autres laboratoires, a permis au CNRC d'apporter une contribution considérable au domaine du génie éolien sans avoir besoin de construire des installations spéciales très coûteuses.



What effects will wind have on the fabric roof proposed for Montréal's Olympic stadium? To find out, Dr. Peter Irwin prepares a detailed model for testing in the wind tunnel. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Quels seront les effets du vent sur le toit de toile prévu pour le stade olympique de Montréal? Dans le cadre de ces recherches, le Dr Peter Irwin prépare une maquette détaillée en vue d'une série d'essais en soufflerie. (Photo: Bruce Kane, CNRC)



A model of the Lion's Gate bridge spans the test section of the wind tunnel in which its responses to the wind were intensively investigated. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Maquette du pont Lion's Gate de Vancouver à l'intérieur de la veine d'essais de la soufflerie où l'on procède à une étude détaillée de sa réponse à l'action du vent. (Photo: Bruce Kane, CNRC)



The Lion's Gate bridge emerges from the dawn fog shrouding Vancouver's First Narrows. (Photo: Vancouver Sun)

Le pont Lion's Gate de Vancouver émerge de la brume du matin qui enveloppe le Vancouver's First Narrows. (Photo: Vancouver Sun)

number of Canadian cities. Extensive full-scale measurements have been made of wind speed and direction, and the resulting pressures, suction, strains and movements. DBR's observations in the field have confirmed the validity of wind tunnel modelling, and have led to a body of useful advice and rules for building designers.

Similar contributions have been made to bridge design. NRC investigations have shown designers how to streamline road decks in order to minimize the kind of wind-induced vibrations which have been known to destroy bridges. An important study of the Lion's Gate bridge in Vancouver showed that the conventional way of testing bridge aerodynamics - with rigid models in a wind tunnel - was no longer adequate, for some of the most destructive bridge responses are excited by fluctuating gusts of wind, and to

observe these responses in a wind tunnel requires a model which is elastic - that is, which can copy, in scale, the deflections of its full-size counterpart.

The scope of wind engineering work at NRC is widening. It has included helping increase the efficiency with which trucks use fuel by reducing drag; measuring wind loads on a model of the removable fabric roof of Montreal's Olympic stadium; finding the most stable way to bundle power transmission lines. The latest question to be studied is the complex one of wind effects within the man-made canyons of a city.

Tall, slab-like buildings can reach up to deflect fast-moving winds down to street level, where they whistle and swirl around pedestrians and make unuseable the malls, gardens, sidewalks and other spaces which were designed for outdoor use.

Three Canadian cities - Ottawa, Toronto and Calgary - are sufficiently concerned about this problem to consider legislation under which any proposed new building must be investigated to ensure that it will not make surface winds worse.

Before establishing whether winds might be made worse, of course, one has first to establish what they are like now. That is the object of an investigation which began in Ottawa this Spring. It is being carried out by NRC in conjunction with the City of Ottawa, the National Capital Commission and the Department of Public Works.

Wind speed measuring instruments are mounted on top of five large buildings ringing Ottawa's downtown core. The pattern of winds which they help map out will be compared to records kept at the open spaces of Ottawa airport. If there is reasonable correlation between these two sets of data, then researchers will be able to infer the downtown wind climate for many years back from the records kept at the airport. Then, in the second phase of the study, measurements will be made of the winds actually experienced by pedestrians at street level in downtown Ottawa. Finally a detailed model of the center of the city will be built and used to reproduce, in the wind tunnel, the same general pattern of winds as was measured outdoors. Under the proposed legislation, models of new buildings will be inserted into the city model and thus their effect on street level winds evaluated.

Moving air acts in subtle, fluctuating ways on the things we build. Dealing with these complexities, and developing the art of designing for them, is the task of an interesting new discipline - wind engineering. □
Séan McCutcheon

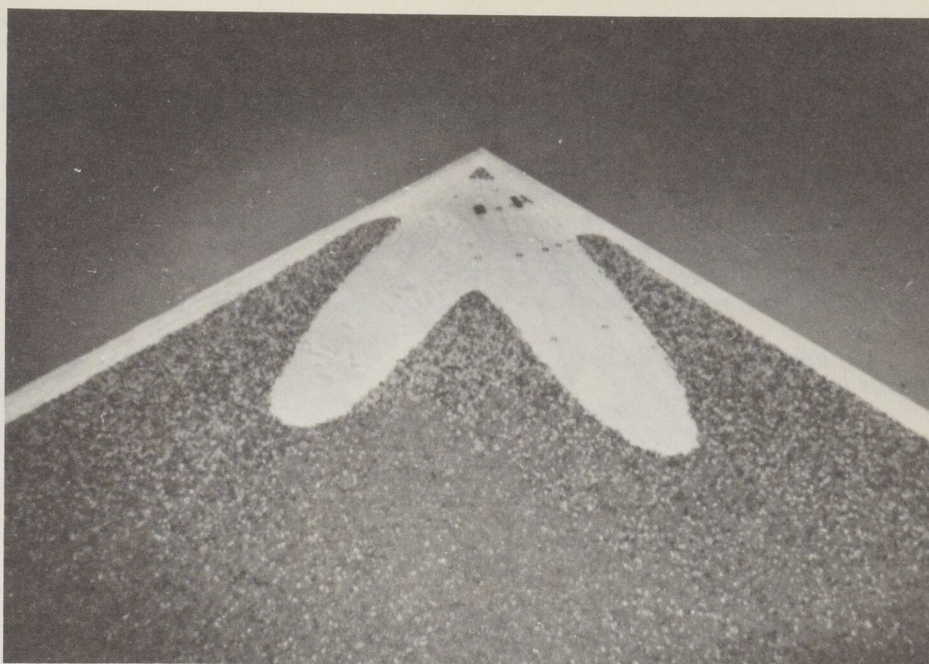
Dans ces souffleries modifiées où sont aménagées des maquettes détaillées de bâtiments, on enregistre à l'aide de capteurs l'intensité de la force de l'écoulement de l'air et des vibrations qui en résultent. À partir de ces données, les chercheurs peuvent prévoir la réponse des structures réelles à l'action du vent.

Afin de prouver que les résultats des essais en soufflerie sont fiables, la Division des recherches en bâtiment a étudié des édifices réels dans certaines villes canadiennes. On a mesuré exhaustivement et à l'échelle normale la vitesse et l'écoulement du vent ainsi que les pressions, les appels d'air, les contraintes et les mouvements qui l'accompagnent. Les observations de la DRB dans ce domaine ont confirmé la validité des essais de maquettes en soufflerie et ont servi de base à l'élaboration d'une série de recommandations et de règles de grande utilité en architecture.

Des contributions comparables ont été apportées au domaine de la conception des ponts. Ici encore, des recherches réalisées au CNRC ont permis aux dessinateurs d'adopter des profils aérodynamiques dans la conception des tabliers de ponts en vue de minimiser les vibrations dangereuses provoquées par le vent. Mais aujourd'hui, certaines techniques classiques pour l'essai de maquettes sont révolues. Une étude approfondie du pont Lion's Gate, à Vancouver, a prouvé que les méthodes classiques d'évaluation des propriétés aérodynamiques des ponts (à l'aide de maquettes rigides à l'intérieur de souffleries) n'étaient plus adéquates. En effet, pour étudier en soufflerie la réponse des ponts à l'action des rafales de vent d'intensité irrégulière, dont les conséquences sont les plus redoutables pour ces structures, il est nécessaire de conférer à la maquette une élasticité et des dimensions proportionnelles à celles du pont réel.

Au CNRC, le génie éolien se développe de plus en plus. Dans le cadre des travaux qui en relèvent, on a contribué à améliorer le rendement de camions en réduisant leur traînée aérodynamique, on a mesuré les charges exercées par le vent sur le toit amovible en toile du stade olympique de Montréal et on a déterminé un moyen d'éviter des vibrations dans les faisceaux de câbles à haute tension. La dernière question qui reste à étudier touche l'effet complexe du vent à l'intérieur des gorges artificielles construites dans les villes.

Les édifices élevés et d'épaisseur relativement faible peuvent souvent détourner des vents violents et les diriger vers le sol où ils sifflent et tourbillonnent autour des piétons, rendant inutilisables les promenades publiques,



Researchers learn how the wind scours gravel from a roof by studying the patterns formed in colored particles. (Photo: NAE)

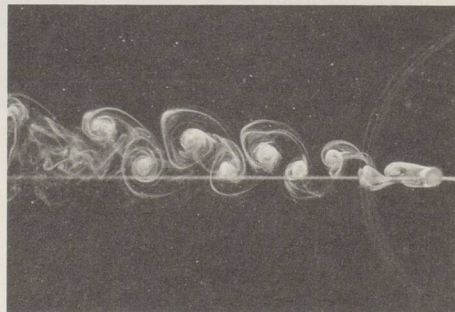
Les chercheurs essaient d'expliquer l'usure des toits par le vent en observant les formes décrites par des particules colorées. (Photo: ÉAN)

les jardins, les trottoirs ainsi que tous les espaces à ciel ouvert.

Trois villes canadiennes, Ottawa, Toronto et Calgary, sont à tel point affectées par ce problème qu'on envisage d'y adopter une loi soumettant tous les nouveaux projets de construction à une étude particulière pour s'assurer que leur réalisation ne contribuera pas à intensifier la violence des vents au niveau du sol.

Toutefois, avant de déterminer si l'effet des vents peut être amplifié, il faut en déterminer la nature au départ. Cette question fait actuellement l'objet d'un projet de recherches qui a été entrepris à Ottawa ce printemps. Il est exécuté par le CNRC en collaboration avec la ville d'Ottawa, la Commission de la capitale nationale et le ministère des Travaux publics.

Des instruments destinés à mesurer la vitesse du vent ont été installés sur le toit de cinq grands bâtiments au centre-ville, à Ottawa. Les données qu'ils permettront de relever seront comparées à celles qu'on enregistre dans les espaces ouverts de l'aéroport de la capitale. Si on réussit à établir une corrélation significative entre les résultats obtenus aux deux endroits, les chercheurs seront en mesure de déterminer la configuration des vents au centre-ville au cours des dernières années à partir des données accumulées à l'aéroport. Au cours de la seconde phase de l'étude, on mesurera l'intensité des vents qui affectent les piétons au niveau du sol, toujours au centre-ville, à Ottawa. En dernier lieu, une maquette détaillée du centre de la ville sera construite et utilisée pour reproduire en soufflerie la



Des tornades en miniature s'élèvent derrière un petit cylindre bleu. Cet écoulement irrégulier, rendu visible à l'aide d'un colorant jaune qui a été ajouté à l'eau du tunnel hydrodynamique, est à la source des vibrations imprimées aux tours et aux câbles à haute tension par le vent. (Photo: George Dobrodzicki, ÉAN)

Vortices, miniature tornadoes, swirl in the downstream wake of a small, blue cylinder. Such fluctuating flow patterns - here made visible by streamers of yellow dye in the water tunnel - account for some of the vibrations set up in towers and cables by the wind. (Photo: George Dobrodzicki, NAE)

même configuration générale des vents mesurée à ciel ouvert. En vertu de la loi proposée, les maquettes des nouveaux édifices seront incorporées dans la maquette de la ville et l'on évaluera les modifications dans l'intensité des vents au niveau du sol dont elles seront responsables.

L'écoulement de l'air se fait d'une façon subtile et irrégulière autour des structures que l'on construit. L'étude des complexités qu'il présente et le développement de techniques permettant de tenir compte des phénomènes qu'il implique, constituent la matière d'une science nouvelle et intéressante: le génie éolien. □

Texte français: Annie Hlavats

Noise into knowledge

The beginnings of Canadian radio astronomy

The past four decades of radio astronomy may have contributed as much knowledge of the cosmos as the previous four centuries of optical astronomy. Canada's pioneer radio astronomer was an NRC radar researcher.

"... and they shall beat their swords into plowshares."

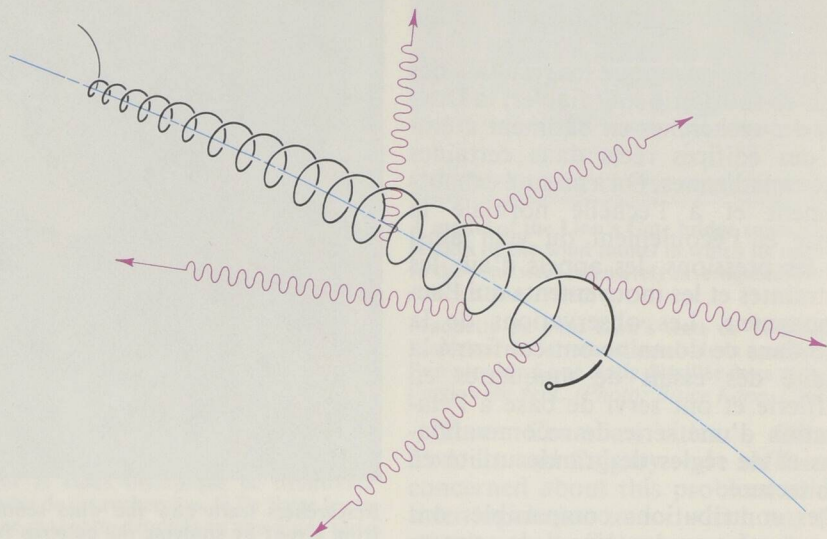
Isaiah, II, 2.

Radio astronomy is not the child of war, but it surely qualifies as a step-child. Its quasi-parent, radar, began as giant towers, massive equipment, and took up much-needed space. As World War II progressed the boffins in research establishments such as NRC seemed to be feeding it Alice's cake. Antenna towers were reduced to smaller metal "dishes", transmitters and receivers slimmed down, and operating wavelengths grew shorter with continuing emphasis on lightness and mobility. Radar moved from cow pastures to ships' masts to small aircraft in a few years. Created as a means of protecting society against marauding aircraft, by the end of the war radar was an invaluable safety feature for aircraft in bad weather and during night flights. But the research had also produced a step-child, when spurious signals received were shown to be coming from outer space.

NRC experiments in radar began in the early 1940's. Arthur Covington introduced a number of new designs based on the 10 cm cavity magnetron. This British invention was the core of the radar, producing the required high powered, high-frequency signal. Intrigued by the findings of two American researchers working in the 1930's, Karl Jansky and Grote Reber, he turned to radio astronomy almost before the ink was dry on the Axis surrender documents. Jansky had recorded the first radio noises from our galaxy (The Milky Way), but turned to other work. Reber, following him, had built the first radio telescope and sought the origins of the signals, but he was interrupted by the war. Covington attempted to solve some of the mysteries surrounding radio signals from the sun with the first radio telescope in Canada. By the summer of 1946 he was making daily records of solar radio noise with an installation designed around a war surplus 1.2 m diameter radar antenna. In the fall of that year he used the opportunity of a solar eclipse to confirm that a strong source of radio emissions originated in the

neighborhood of sunspots and solar flares. By accumulating daily records of the sun's activity, he provided a service to astronomers and radio operators alike. The impact of this record, now in its 33rd year, was such that the United States' time and frequency standard, station WWV, now broadcasts the solar radio activity reading at 20 minutes before each hour. The adoption of this survey came about as a result of the cooperative effort of the International Geophysical Year, 1957-58.

Because signals from space are of such low intensity, Covington's early installation was susceptible to man-made interference - airport radar, automobile ignition and other research activities. He sought an isolated location and selected a farm south of Ottawa. Goth Hill became NRC's first radio astronomy observatory. There, Covington launched a program to construct a 45 m diameter rotatable antenna, but war again intervened, this time in Korea. Shortages of manpower and material forced him to innovate, and he devised an antenna which used the Earth's rotation to scan across the face of the solar disc. This 46 m-long device proved a major scientific effort, setting the stage for the advanced "smart"



Radio signals from deep space are generated in several ways. If a free electron, moving at nearly the speed of light, is "captured" by a magnetic line of force it will emit characteristic radiation known as "synchrotron radiation". Electrons may also pass close to a proton, radiating a signal as they change direction. (Graphic: Stephen A. Haines)

Les signaux radio interstellaires sont produits de différentes façons. Si un électron libre, qui se déplace à une vitesse se rapprochant de celle de la lumière, est piégé par un champ magnétique, il produira des radiations particulières, appelées « radiation de synchrotron ». Si les électrons passent près d'un proton, ils émettront un signal en changeant de direction. (Illustration: Stephen A. Haines)

radio antennas used in today's defence systems. In just a few years the science had come full circle with the installation displacing more cows and antennas, growing in size in an effort to pinpoint the sources of solar radio signals.

Radio astronomy grew rapidly both as a science and in the size of its equipment in the 1950's. Giant antenna systems began to grow in England, Europe, Australia and the United States. Jansky's original observations had pointed to the cosmos as a source of radio noise and radio mapping of the heavens began. Many radio sources are invisible or very dim to optical telescopes and an accurate means of determining the location and size of a source was needed. The answer was the development of the science of radio interferometry. Interferometry links two or more antennas with a common, highly accurate time base allowing the receivers to record and compare signals simultaneously. It has progressed in recent years from pairs of linked antennas to large networks that cross international borders. Orbiting satellites have been called upon to help by providing a relay from one installation to another. By such an arrangement the effective diameter of an antenna becomes the distance the participating

Les ondes venues du ciel

Les débuts de la radioastronomie au Canada

Au cours des quarante dernières années, la radioastronomie a probablement apporté autant à notre connaissance du cosmos que l'astronomie optique depuis quatre siècles. Le pionnier de la radioastronomie au Canada était un chercheur du CNRC spécialisé dans les radars.

« . . . et ils forgeront leurs épées en socs de charrue. »

Isaïe, II, 2.

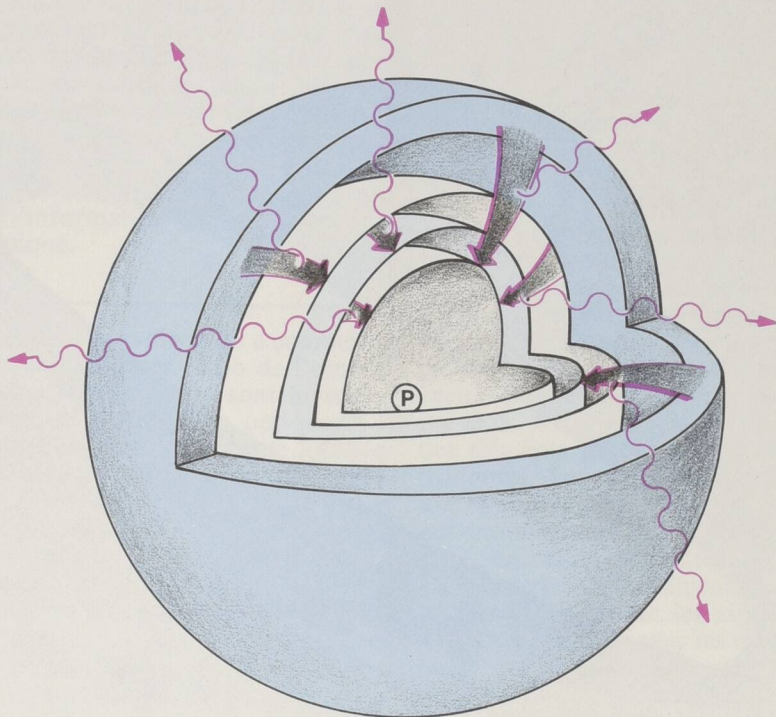
Les radiotélescopes ne sont pas une conséquence directe de la dernière guerre mondiale mais lui doivent beaucoup. En effet, leur proche parent, le radar, s'est d'abord distingué par ses tours gigantesques et ses appareils énormes qui occupaient beaucoup trop de place. À mesure que la guerre avançait les chercheurs des instituts de recherche, tels que le CNRC, semblaient les avoir mis à la diète. Les tours d'antenne devenaient des disques métalliques, les émetteurs et les récepteurs amincissaient, et les longueurs d'ondes utilisées raccourcissaient au fur et à mesure que les appareils devenaient plus légers et plus mobiles. En quelques années les radars sont passés des pâturages aux mâts des navires et dans les petits avions. Inventé pour protéger les civils des intrusions des avions ennemis, le radar était devenu, à la fin de la guerre, un dispositif de sécurité indispensable dans les avions devant voler la nuit ou dans des conditions atmosphériques difficiles. Mais la recherche a fait des progrès dans une autre direction, lorsque certains signaux, qu'on a d'abord cru faux, se sont avérés venir de l'espace.

Au CNRC, les expériences sur les radars ont commencé au début des années quarante. Arthur Covington a mis au point plusieurs nouvelles conceptions en utilisant comme point de départ un magnétron émettant sur une longueur d'onde de 10 cm. Cette invention britannique constituait le cœur du radar, produisant un signal très puissant et de fréquence élevée. Intrigué par les découvertes de deux chercheurs américains des années 30, Karl Jansky et Grote Reber, Covington a commencé à travailler en radioastronomie dès la capitulation des puissances de l'Axe. Jansky avait été le premier à enregistrer des signaux radio provenant de notre galaxie (la Voie Lactée), mais ses recherches ont pris une autre orientation. Par la suite, Reber avait construit le premier radiotélescope et cherché l'origine des signaux, mais ses travaux ont été inter-

rompus par la guerre. Covington, pour sa part, a essayé de résoudre quelques-uns des mystères entourant les signaux radio émis par le Soleil avec le premier radiotélescope utilisé au Canada. À l'été de 1946, il enregistrait quotidiennement les signaux radio émis par le Soleil à l'aide d'un appareil conçu à partir d'une antenne de radar de 1,2 m de diamètre, provenant des surplus de guerre. À l'automne de la même année, il a profité d'une éclipse solaire pour prouver qu'une source puissante de signaux radio émanait des régions entourant les taches et les éruptions solaires. Son dossier des observations quotidiennes de l'activité solaire a sou-

vent rendu service aux astronomes de même qu'aux opérateurs radio. L'impact de ces données, accumulées depuis 33 ans, est tel que la station américaine WWV, qui fournit l'étalon de temps et de fréquence, diffuse maintenant la lecture de l'activité solaire à chaque heure, vingt minutes avant l'heure. C'est à la suite de la coopération qui s'est manifestée lors de l'année géophysique internationale en 1957-58 qu'on a décidé de continuer cette étude.

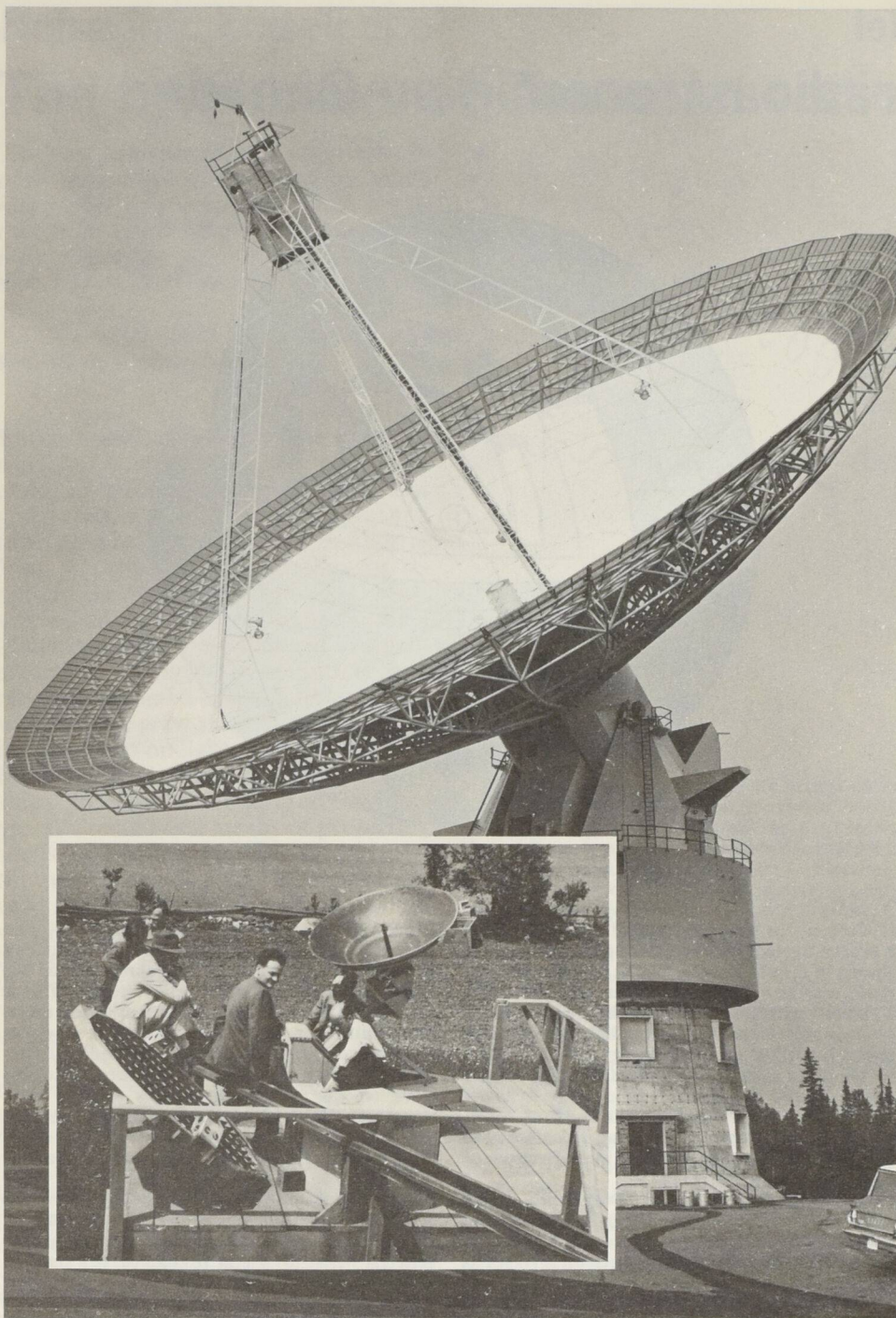
L'intensité des signaux en provenance de l'espace étant très faible, les premiers appareils de Covington subissaient l'interférence de sources radio terrestres comme les radars des aéro-



L'hydrogène, l'élément le plus simple, se compose d'un électron en orbite autour du proton constituant le noyau. Souvent représenté sur une orbite planétaire plate, l'électron peut de fait se trouver n'importe où à l'intérieur d'un rayon représenté ici par les sphères. Si l'atome est excité par une source de chaleur ou de lumière l'électron peut « sauter » à un niveau énergétique plus élevé tel que démontré par les sphères extérieures. Si l'énergie induite est moindre l'électron descendra à des niveaux énergétiques inférieurs et émettra de l'énergie sous forme de radiation. Chaque étape de cette descente peut être enregistrée puisque les niveaux énergétiques ont une fréquence spécifique qui permet de les identifier. Dans l'espace interstellaire, on dit que l'hydrogène est dans son « état fondamental » (la plus petite sphère du diagramme) parce qu'il ne subit aucune excitation forte. Dans ce cas, si l'électron change la direction de son spin, il émet un signal d'une longueur d'onde de 21 cm. (Illustration: John Bianchi)

vent rendu service aux astronomes de même qu'aux opérateurs radio. L'impact de ces données, accumulées depuis 33 ans, est tel que la station américaine WWV, qui fournit l'étalon de temps et de fréquence, diffuse maintenant la lecture de l'activité solaire à chaque heure, vingt minutes avant l'heure. C'est à la suite de la coopération qui s'est manifestée lors de l'année géophysique internationale en 1957-58 qu'on a décidé de continuer cette étude.

L'intensité des signaux en provenance de l'espace étant très faible, les premiers appareils de Covington subissaient l'interférence de sources radio terrestres comme les radars des aéro-



Canada's first radio telescope (Inset). This instrument, fabricated from war-surplus material and NRC-designed components was used for many years in Arthur Covington's solar radio research. Its descendant is the 46 m radio telescope NRC operates at Algonquin Radio Observatory. (Photo: Grote Reber)

Premier radiotélescope canadien (encadré). Cet appareil, fabriqué à partir de surplus de guerre et de dispositifs conçus par le CNRC, a servi aux recherches d'Arthur Covington sur les émissions radio du Soleil pendant plusieurs années. Le radiotélescope de 46 m que le CNRC utilise actuellement à l'Observatoire radioastronomique Algonquin lui doit beaucoup. (Photo: Grote Reber)

units are apart. The resolving power is therefore many times better than any single antenna.

Computer technology has also assisted in a variety of ways. Coupled with the information gleaned by interferometry, data acquisition by computers has provided us with accurate maps of the heavens. These can be rendered in such fine detail that they are equivalent to photographs made by optical tele-

scopes. (See *Science Dimension*, 1976/6)

Perhaps the greatest contribution to our knowledge of the structure of our island universe was the discovery of the hydrogen radio line. In the deep cold of interstellar space the proton and electron of hydrogen interact to generate a unique radio signal of 21 cm wavelength. Because of the pervasive nature of hydrogen through the cos-

Canada's pioneer radio astronomer has been honored by the installation of a sundial on NRC's Ottawa campus. A war-surplus radar antenna similar to that used by Arthur Covington to construct the first radio telescope in Canada has been incorporated in this device which has been installed south of the Canada Institute for Scientific and Technical Information.

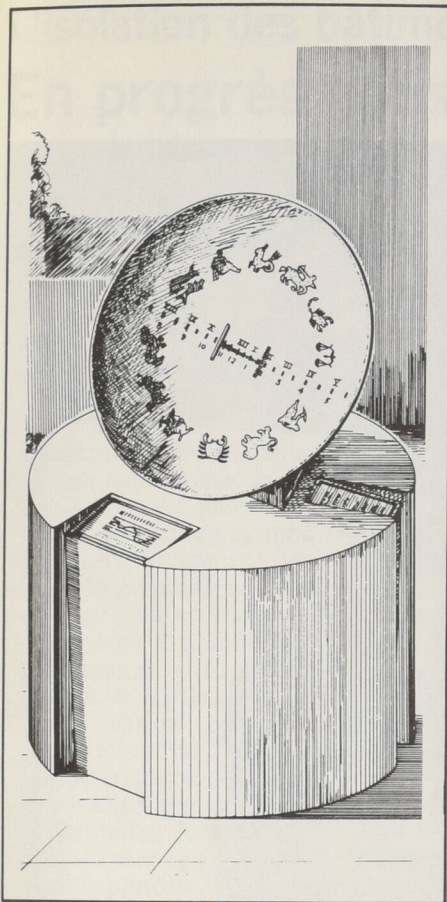
mos, discovery of the line opened many doors of knowledge concerning conditions surrounding the stars. Our galaxy, the Milky Way, has been mapped and we now have a reliable picture of it, confirming its spiral arm structure.

Discovery of this new basis for measurement also led the radio astronomers to ask questions whose solution involved other disciplines. What other unique signals might lead to important discoveries of the composition of interstellar space?

In neighboring laboratories chemists and physicists were examining the properties of atoms and molecules under the stimulation of heat, light and pressure. Therein lay some of the solutions sought by the radio astronomers. Spectroscopy is not as new a science as radio astronomy, but the two disciplines are forging an effective alliance in probing the mysteries of galactic radio noise. Signals from space are compared with what is being found in the laboratories. Teamwork has evolved from cooperatively analyzing cosmic signals to predictions of what will be found. As a result, detection of complex molecules in space has become almost commonplace.

Still, the quest continues. New discoveries, and theories to explain them, are almost monthly occurrences. NRC's 46 m radio telescope at Algonquin Radio Observatory is one of the descendants of that war surplus installation at Goth Hill. The research team directing that giant dish are in the forefront of a worldwide research effort to answer questions about the beginning of time itself. Some of the questions may never be answered, but the search is a tribute to men like Arthur Covington, a pioneer in the Canadian effort to turn radio noise into knowledge. □

Stephen A. Haines



Un cadran solaire a été érigé sur les terrains du CNRC, à Ottawa, en hommage au pionnier de la radio-astronomie au Canada. On y a incorporé une antenne de radar provenant des surplus de guerre et semblable à celle qu'avait utilisée Arthur Covington dans la construction du premier radiotélescope canadien. Ce cadran solaire se dresse du côté sud de l'Institut canadien de l'information scientifique et technique.

source d'ondes radio et on a commencé à dresser des cartes radio de l'espace. Plusieurs sources radio sont invisibles ou presque au télescope optique et il fallait trouver des moyens de localiser une source et de déterminer sa grandeur. C'est le développement de la technique de l'interférométrie radio qui a résolu ce problème. L'interférométrie consiste à relier entre elles deux antennes ou plus sur une base de temps commune et très précise permettant aux récepteurs d'enregistrer et de comparer les signaux reçus simultanément. Au cours des années cette technique est passée de l'utilisation de paires d'antennes reliées entre elles à celle de vastes réseaux d'antennes dont l'étendue dépasse les frontières. On utilise aussi les satellites comme relais entre deux installations. De cette façon le diamètre réel d'une antenne devient la distance entre les différentes installations ainsi reliées et le pouvoir de résolution obtenu est plusieurs fois supérieur à celui d'une seule antenne quelle qu'elle soit.

La radioastronomie a aussi bénéficié de la technologie informatique de différentes façons. L'acquisition de données à l'aide d'ordinateurs, ajoutée à l'information obtenue au moyen de l'interférométrie, nous a permis de dresser des cartes du ciel très précises. Elles sont si détaillées qu'elles se comparent avantageusement aux photographies faites à l'aide des télescopes optiques. (Voir le numéro 6 de 1976 de *Science Dimension*.)

La découverte des émissions radio de l'hydrogène constitue probablement une des plus grandes contributions à notre connaissance de la structure de notre univers. Dans l'immensité effroyable de l'espace interstellaire l'interaction du proton et de l'électron de l'hydrogène produit un signal radio unique d'une longueur d'onde de 21 cm. L'hydrogène étant présent à peu près partout dans le cosmos, la découverte de cette radiofréquence nous ouvre plusieurs voies qui nous permettront d'arriver à une meilleure

connaissance des conditions prévalant autour des étoiles. Notre galaxie, la Voie Lactée, a été cartographiée et nous avons maintenant une assez bonne idée de sa configuration, qui confirme la théorie d'une structure spirale formée de bras s'échappant du centre.

La découverte de cette nouvelle méthode de mesure a aussi conduit les radioastronomes à formuler des questions dont la solution implique d'autres disciplines. Y aurait-il d'autres signaux uniques pouvant nous conduire à effectuer d'importantes découvertes sur la composition de l'espace interstellaire?

Dans d'autres laboratoires les chimistes et les physiciens examinaient les propriétés des atomes et des molécules excités par la chaleur, la lumière et la pression. Ces expériences ont apporté des éléments de réponse aux radioastronomes. La spectroscopie n'est pas une science aussi nouvelle que la radioastronomie, mais ces deux disciplines mises ensemble permettent de sonder les mystères des radiosources galactiques. On compare les signaux provenant de l'espace avec les découvertes faites en laboratoire. Le travail d'équipe ne consiste plus uniquement à coopérer à l'analyse des signaux cosmiques mais à prédire ce qu'on y trouvera. Conséquemment, la détection de molécules complexes dans l'espace interstellaire est devenue chose assez courante.

Cependant, les recherches se poursuivent. De nouvelles découvertes, accompagnées des théories qui tentent de les expliquer, se produisent presque chaque mois. Le radiotélescope de 46 m du CNRC situé à l'Observatoire radioastronomique Algonquin est une conséquence directe de l'installation érigée à Goth Hill à partir de surplus de guerre. L'équipe de chercheurs qui dirige le fonctionnement de cette énorme soucoupe est à l'avant-garde des activités mondiales de recherche visant à répondre aux questions concernant l'origine de l'univers. Il est probable que plusieurs de ces questions resteront sans réponse, mais cette recherche est un hommage aux hommes comme Arthur Covington, l'un des premiers Canadiens à vouloir enrichir nos connaissances par l'étude des signaux radio interstellaires. □

Texte français: Denise de Broeck

ports, les démarreurs des automobiles et les autres activités de recherche. Parti à la recherche d'un endroit isolé, il a finalement arrêté son choix sur une ferme au sud d'Ottawa. Goth Hill est ainsi devenu le premier laboratoire radioastronomique du CNRC. C'est à cet endroit que Covington a entrepris de mettre sur pied un programme en vue de construire une antenne rotative de 45 m de diamètre, mais la guerre est intervenue une fois de plus, cette fois-ci en Corée. La pénurie de main-d'oeuvre et de matériaux l'a obligé à innover, et il a mis au point une antenne qui utilisait la rotation de la Terre pour balayer la surface du Soleil. Ce dispositif de 46 m de long s'est avéré une réalisation scientifique majeure qui a préparé la voie aux antennes radar plus sophistiquées utilisées aujourd'hui dans les systèmes de défense. En quelques années seulement la science a refermé la boucle, les antennes redevenant énormes, mais cette fois-ci, en vue de détecter les sources des signaux radio émis par le Soleil.

Dans les années cinquante, la radioastronomie a fait de grands progrès et le volume de ses appareils s'est accru de beaucoup. Des systèmes comportant des antennes géantes ont commencé à poindre en Angleterre, en Europe, en Australie et aux États-Unis. Les premières observations de Jansky avaient démontré que le cosmos était une

Insulation Testing, testing



Consumers and manufacturers use the measurements of insulation properties obtained in the testing laboratories of NRC's Division of Building Research.

Gerry Thériault (right) and Marc Bomberg probe the depth of loose fill insulation after it has been shaken on a vibrating rig. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Gerry Thériault (à droite) et Marc Bomberg mesurent la profondeur de l'isolant après passage au banc vibrant. (Photo: Bruce Kane, CNRC)

Winter, here in Canada, can be a chastening experience, both climatically and financially. It now costs more than four billion dollars a year to heat our buildings – and the price of fuel, as everyone knows, is rising. There is little we can do about the climate, but we can control the size of our heating bills. An estimated one quarter of that four billion dollar price tag would have been saved last winter if all our buildings, new and old, had been insulated up to recommended standards.

Spurred by such large potential savings of money and energy, the insulation business is, not surprisingly, booming. "Canada has a very active and inventive industry," says Cliff Shirtcliffe of NRC's Division of Building Research (DBR). "We have been

helping it develop, and protecting the consumer, by providing the basic technical information needed to screen out good insulation from bad. Our tests for measuring various properties make it possible to compare insulation materials, and to see if they meet the standards which we are helping to set."

The single most important property of any insulation is its resistance to the flow of heat. Just as water must flow downhill, so heat inexorably flows from high temperature regions – such as inside a heated house – to low temperature regions – such as the great Canadian outdoors in winter. Nothing can *permanently* dam this flow; all the heat supplied to a building will eventually be lost. What insulation materials do is slow down the loss.

Though insulation is sold in a be-

wildering variety of forms – including glass fibres, shredded papers, plastic foams – what gives most of these materials their thermal resistance is simply the tiny pockets of trapped air which they contain. When you buy common insulation materials, you are really buying packaged air.

Resistance to heat flow is expressed in what are called R-values. The higher the R-value, the more resistance. A single pane of glass typically has an R value of 1, while a four-inch thick batt of fibreglass insulation is rated at R-11. This means that in a given period of time over 11 times more heat will flow through the glass than through a batt of fibreglass insulation with the same area.

Directly or indirectly, the R-values displayed on all the insulation sold in

L'isolation des bâtiments

En progrès constant

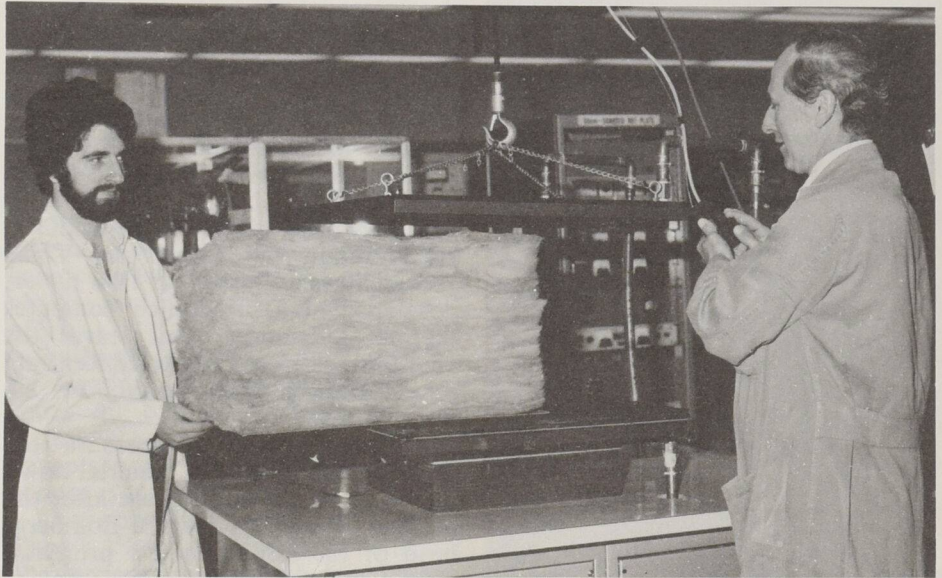
Les consommateurs et les fabricants se réfèrent aux mesures qui ont été faites par les laboratoires de la Division des recherches en bâtiment du CNRC sur les propriétés isolantes des matériaux.

Ici, au Canada, l'hiver peut être une expérience particulièrement éprouvante, tant du point de vue climatique qu'économique. Il en coûte actuellement plus de 4 milliards de dollars annuellement pour chauffer nos bâtiments et, comme chacun sait, le prix du combustible ne cesse d'augmenter. Nous ne pouvons pas modifier le climat mais, par contre, nous pouvons réduire le montant de nos factures de chauffage. On estime que l'on aurait pu économiser 1 milliard de dollars l'hiver dernier si tous nos bâtiments, nouveaux et anciens, avaient bénéficié d'une isolation correspondant aux normes recommandées.

On ne sera pas surpris d'apprendre que, stimulées par la possibilité de réaliser de telles économies, les ventes d'isolant sont en pleine expansion. Écoutons plutôt Cliff Shirtcliffe, de la Division des recherches en bâtiment (DRB) du CNRC: « L'industrie canadienne est très active dans ce domaine et très inventive et nous l'avons aidée à se développer et à protéger le consommateur en lui fournissant les données techniques de base qui lui sont nécessaires pour distinguer le bon isolant du mauvais. Les tests utilisés pour mesurer différentes propriétés permettent de comparer les matériaux isolants entre eux et de voir s'ils satisfont aux normes résultant de nos travaux. »

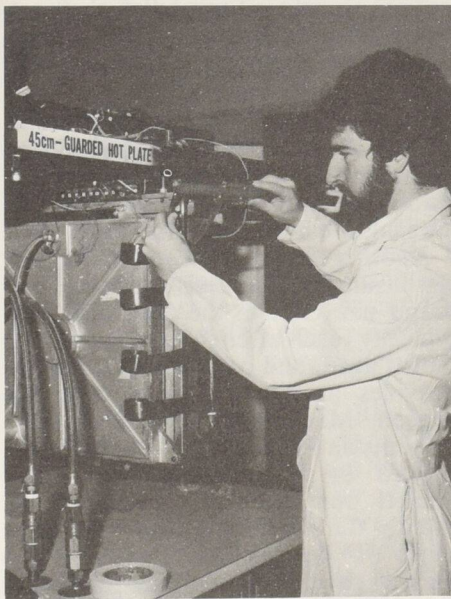
L'une des propriétés les plus importantes d'un isolant est sa résistance à l'écoulement thermique. À l'instar de l'eau, qui ne peut remonter les pentes, la chaleur s'écoule inexorablement des zones à haute température, que l'on trouve par exemple à l'intérieur d'un local chauffé, vers les zones à basse température, comme celles que l'on rencontre au Canada en hiver. Rien ne peut endiguer ce flux de façon permanente; toute la chaleur fournie à un bâtiment sera éventuellement perdue. La fonction des isolants est de ralentir cette perte.

La gamme des isolants vendus dans le commerce est constituée d'une infinie variété de matériaux parmi lesquels figurent la fibre de verre, le papier en flocons et la mousse de plastique, mais ce qui donne à la plupart de ces matériaux leur résistance thermique c'est tout simplement les minuscules bulles d'air qu'ils contiennent. Acheter de



Methods of measuring the heat flow through very thick specimens - such as the one Roger Mareschaud (left) and Gerry Thériault are working with - are being developed in the insulation testing laboratory. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Le laboratoire d'essai des isolants met au point différentes méthodes de mesure de l'écoulement thermique à travers des échantillons de matériaux de grande épaisseur. On voit ici Roger Mareschaud (à gauche) et Gerry Thériault travaillant avec l'une de celles-ci. (Photo: Bruce Kane, CNRC)



Pied à coulisse en main, Roger Mareschaud mesure l'épaisseur d'un échantillon d'isolant placé entre les plaques d'un dispositif d'essai. (Photo: Bruce Kane, CNRC)

Calipers in hand, Roger Mareschaud gauges the thickness of an insulation sample clamped between the plates of a testing device. (Photo: Bruce Kane, NRC)

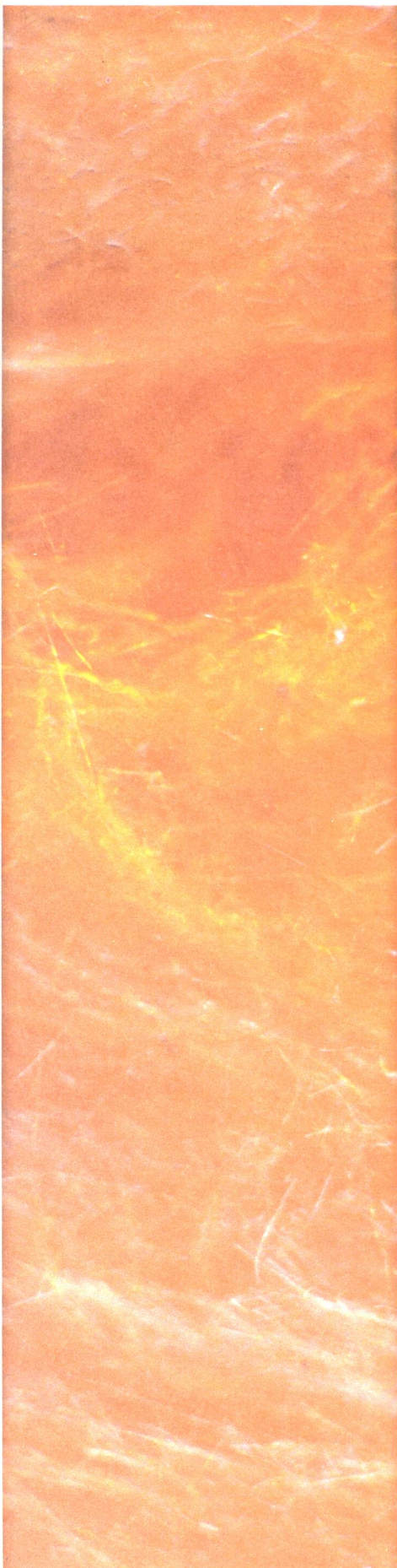
l'isolant c'est en réalité acheter de l'air en conserve.

La résistance à l'écoulement thermique est exprimée par ce qu'on ap-

pelle le facteur R. Plus celui-ci est élevé plus la résistance thermique est grande. Ainsi, une vitre simple a un facteur R de 1, alors que celui d'un matelas isolant de laine de verre de 10 cm d'épaisseur est de 11. Cela veut dire que pendant une durée de temps donnée la quantité de chaleur qui traversera la vitre sera plus de 11 fois supérieure à celle qui franchira un matelas isolant en laine de verre ayant une surface équivalente.

Les facteurs R figurant sur tous les matériaux isolants vendus au Canada sont déterminés à partir des mesures qui ont été faites par les laboratoires de la DRB. Dans ces laboratoires, les résistances thermiques sont calculées avec précision à l'aide de ce qu'on appelle des plaques chauffantes protégées. Chacune de ces plaques est constituée d'une « source » et d'un « puits » thermique entre lesquels un échantillon de matériau isolant est pris en sandwich. Pour ces essais, on se sert d'ordinateurs qui déterminent la résistance à partir des mesures de température.

Les fabricants peuvent faire tester leurs isolants à la DRB mais les essais de routine sont graduellement pris en charge par des laboratoires commerciaux et industriels; pour comparer les résistances thermiques, ces laboratoires utilisent parfois un simple compteur de flux de chaleur mis au point à la DRB.



Mineral fibre insulation. What slows heat flow are the pockets of air between the tangled fibres. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Canada are based on measurements made in DBR's insulation testing laboratories. Here thermal resistances are precisely obtained by so-called guarded hot plates. Each of these pieces of test equipment consists of a "source" and a "sink" of heat energy, between which a sample of insulation material is sandwiched. Computers control the tests and calculate resistance from temperature measurements.

Manufacturers can have insulation tested at DBR, but routine testing is gradually being taken over by commercial and industrial laboratories - some of which use a simple heat flow meter, developed at DBR, which compares thermal resistances. This leaves the Division's scientists free to concentrate on the research needed to improve test procedures.

"It is possible to measure the thermal resistance of a material down to the fourth or fifth figure after the decimal point," says Marc Bomberg, head of the insulation test program, "but that kind of precision is not of immediate practical value. What the homeowner needs to know is how insulation is going to perform in a real house, not in a laboratory."

One way of getting a realistic rating of insulation performance is the wall-window test facility, the only piece of apparatus of its kind in Canada. A full-size section of a building, consisting of an insulated wall and window, can be clamped into a steel frame between two chambers, in one of which outdoor weather, cold, wet and windy, is simulated, while the other mimics indoor conditions. Heat flows through the sample can be accurately measured.

Another route to realistic rating is to test insulation materials which are not brand new, but in the condition they typically reach after some years of use: moist, aged, and compacted. Cellulose provides an illustration of this approach. Made from shredded paper, this insulation can be conveniently poured or blown into place. The market for cellulose has expanded rapidly during the past few years because of the demand created by the federal government's home insulation program (through which a portion of the costs incurred in improving the insulation in older homes is subsidized) and because of the inability of fibreglass insulation manufacturers, the traditional suppliers, to produce enough to meet the demand.

In order to qualify for a grant, a homeowner has to use material approved by Central Mortgage and Housing Corporation (CMHC) - but cellulose was such a new material that, two years ago, there were no standard tests to use in approving it.

DBR experts got to work and found that cellulose tends to settle over the years, becoming more compact and hence less resistant to the flow of heat. The performance test which they devised takes this into account; without it, homeowners would be paying for more thermal resistance than what they actually end up getting.

Next to R-value, the most important property of an insulation material is its resistance to the constant and life-threatening hazard of fire. At DBR's fire research laboratory, insulation (and other lining materials such as carpets and tiles) are classified according to the extent to which they help flames to spread in a long, tunnel-like furnace. There has been controversy amidst fire researchers on the suitability of such tests for certain lightweight insulating materials; although rated acceptable in the tunnel furnace, they have been found to be more of a fire hazard than expected.

Improvements to the standard test are being explored - and meanwhile, building codes require that such materials be protected by a non-combustible layer such as gypsum wallboard.

The spread of fire by insulation inside wall cavities is a threat, particularly in high-rise buildings, where such fires are very difficult to extinguish. NRC is involved in an ambitious co-operative program with other agencies to investigate such hazards.

Testing insulation for fire hazards is not easy. Consider the case of cellulose. In addition to its propensity to spread flame, this material can support a smouldering fire. Fire retardant chemicals (which extinguish such a smouldering fire before it moves away from the ignition point) exist, but laboratory examinations undertaken at DBR suggest that some products on the Canadian market are inadequately treated with them. There is no standard test yet for smouldering in combustible insulation, but a number of possibilities are being examined.

"DBR's expertise in testing insulation is well established," says Marc Bomberg. "We know what to measure, and how to do it. We've got the right mix of skills - an understanding of physics, chemistry, building engineering, measuring experience, good equipment and, last but not least, common sense."

A package of technical information on insulation can be obtained by writing to:

Publications Section
DBR/NRC
Montreal Road
Ottawa, Ontario
K1A 0R6
Séan McCutcheon

Les scientifiques de la division peuvent ainsi se concentrer sur la recherche nécessaire pour améliorer les procédures d'essais.

« Il est possible de mesurer la résistance thermique d'un matériau jusqu'à la quatrième ou cinquième décimale, mais ce genre de précision ne présente pas d'intérêt pratique car ce qui intéresse un propriétaire c'est de savoir comment un isolant va se comporter dans sa maison et non dans un laboratoire », nous explique Marc Bomberg, chef du programme d'essai des isolants.

Parmi les moyens à notre disposition pour déterminer le rendement exact d'un isolant, mentionnons le banc d'essai pour murs et fenêtres, installation unique en son genre au Canada. Il s'agit d'un cadre d'acier dans lequel on introduit une section de bâtiment constituée d'un mur isolé et d'une fenêtre, l'ensemble étant ensuite placé au milieu de deux enceintes où sont simulées d'un côté les conditions climatiques extérieures (froid, humidité et vent) et, de l'autre côté, celles de l'intérieur. Les écoulements thermiques à travers l'échantillon peuvent ainsi être mesurés avec précision.

Une autre méthode d'évaluation précise consiste à essayer des matériaux isolants qui ne sont pas neufs mais au contraire dans l'état où on les trouve généralement après quelques années d'utilisation, c'est-à-dire chargés d'humidité, vieillies et compactés. La cellulose en fournit un excellent exemple. À base de papier en flocons, cet isolant peut être facilement mis en oeuvre par épandage ou soufflage. Le marché de la cellulose s'est rapidement développé au cours de ces dernières années par suite de la demande créée par le programme fédéral d'amélioration de l'isolation des maisons (il prévoit le remboursement d'une partie des frais dans le cas des vieilles maisons) et de l'impossibilité dans laquelle se trouvent les fabricants d'isolants en laine de verre (fournisseurs traditionnels) de répondre à la demande.

Pour avoir droit à une subvention, un propriétaire doit utiliser les matériaux homologués par la Société centrale d'hypothèques et de logement (SCHL); notons cependant que, il y a deux ans, la cellulose était un matériau tellement nouveau qu'il n'existait pas de méthode d'essai normalisée pour les procédures d'homologation.

Les experts de la DRB se sont mis au travail et ont découvert que la cellulose a tendance à se tasser après plusieurs années, donc à devenir plus compacte et, partant, à moins bien résister à l'écoulement de la chaleur. L'essai de rendement qu'ils ont mis au point en tient compte et, grâce à eux, les pro-

priétaires ne payent que pour la résistance thermique réellement obtenue.

Après le facteur R, la propriété la plus importante d'un matériau isolant est sa résistance au danger permanent et mortel d'incendie. Au laboratoire de recherche sur le feu de la DRB, les isolants (et les autres matériaux de revêtement comme les tapis et les carreaux de linoléum) sont classés en fonction de leur aptitude à faciliter la propagation des flammes dans un four-tunnel. Les spécialistes ne sont pas unanimes à reconnaître l'intérêt de tels essais pour certains isolants légers; malgré leur bon comportement dans le four, ils se sont révélés moins résistants au feu que prévu.

On étudie le moyen d'améliorer l'essai standard et, dans l'intervalle, les codes du bâtiment exigent que ces matériaux soient protégés par des revêtements non combustibles comme les panneaux de gypse.

La propagation du feu dans l'isolant placé à l'intérieur des murs constitue une menace, notamment dans les immeubles de grande hauteur où il est très difficile de le maîtriser. Le CNRC collabore avec d'autres organismes à un ambitieux programme conjoint pour étudier ces risques.

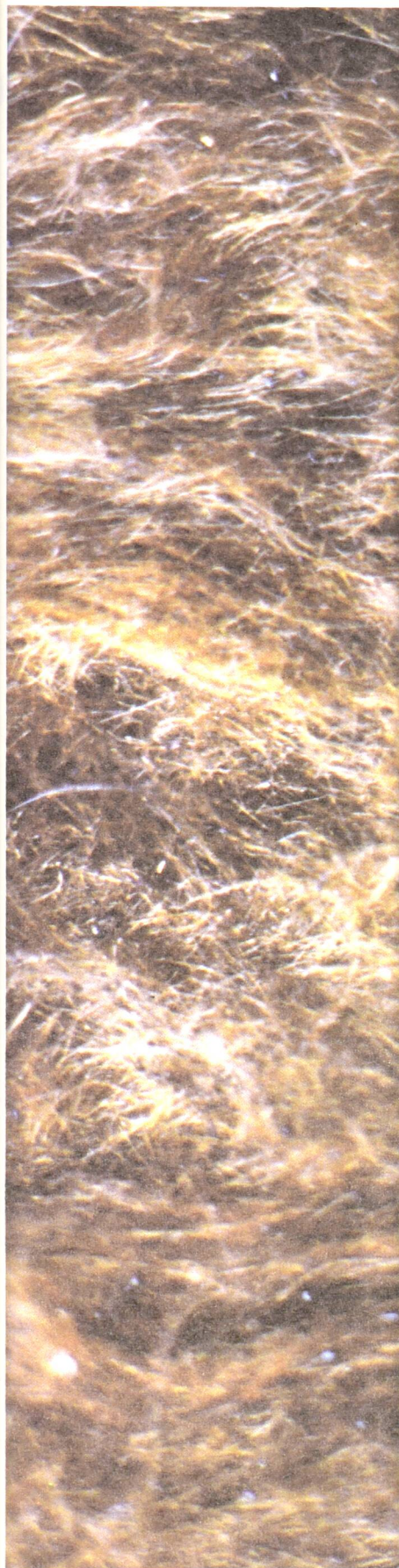
Il n'est pas facile de déterminer la combustibilité d'un isolant et c'est le cas de la cellulose. En plus de faciliter la propagation des flammes, ce matériau se prête bien à une combustion lente. Il existe des produits ignifuges qui arrêtent ce genre de combustion avant qu'elle ne s'étende mais les examens de laboratoire auxquels s'est livrée la DRB donnent à penser que certains produits vendus au Canada n'ont pas été convenablement traités. Il n'existe pas encore d'essai standard pour déterminer le comportement à la combustion lente d'un isolant combustible mais plusieurs possibilités sont envisagées.

M. Marc Bomberg, de la DRB, nous en parle: « La compétence de la DRB en ce qui concerne l'essai des isolants est bien établie. Nous savons ce qu'il faut mesurer et comment le faire. Nous réunissons toutes les compétences nécessaires: connaissance de la physique, de la chimie, des techniques de la construction, des méthodes de mesure; d'autre part, nous disposons d'un matériel adéquat et ce qui n'est pas le moins important, de bon sens. »

On pourra obtenir un jeu de documents techniques sur l'isolation en s'adressant à:

Section des publications
DRB/CNRC
Chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0R6 ☐

Texte français: Claude Devismes



Isolant en fibre minérale. Ce qui ralentit l'écoulement thermique ce sont les poches d'air emprisonnées dans les fibres enchevêtrées. (Photo: Bruce Kane, CNRC)

Wave grouping

Hidden menace of the seas

The Hydraulics Laboratory of the NRC is studying a little-known marine phenomenon: the formation of gigantic, devastating sea waves that can destroy harbors, sink large ships and overturn massive buoys.

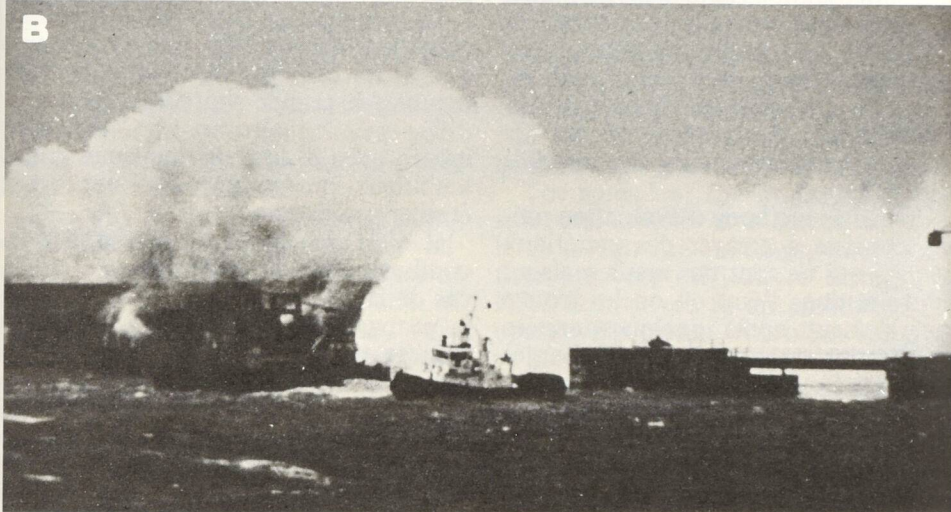
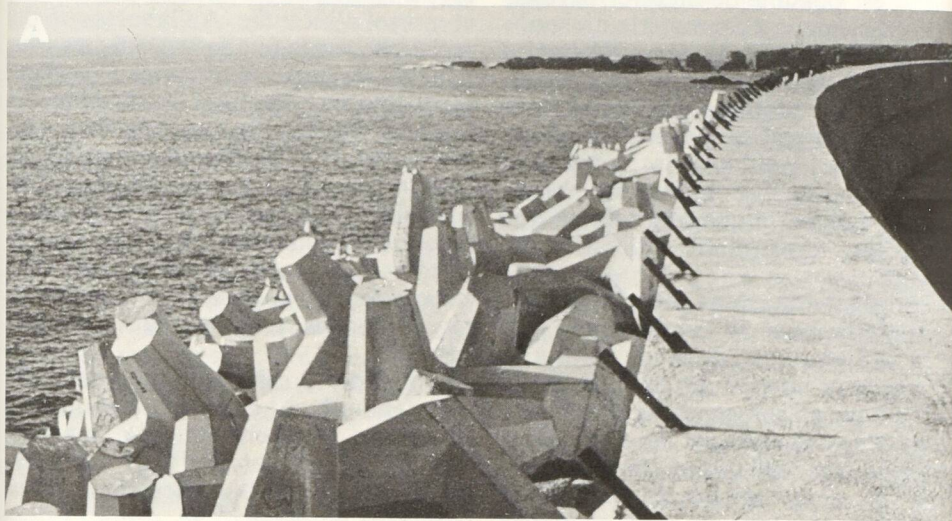
In certain areas of the world, natural sea conditions sometimes combine to create gigantic, devastating walls of water which can easily sink large ships and wreak tremendous damage on coastal structures. Called "episodic" waves, they occur primarily at locations where the continental shelf drops off to the ocean floor.

In Canada, the Hydraulics Laboratory of NRC's Division of Mechanical Engineering has been actively involved in a study of episodic waves, both from a theoretical and a practical point of view. Joe Ploeg, head of the Hydraulics Laboratory, explains: "We first became interested in episodic waves in 1976, during an investigation of breakwaters. Our aim was to explain why some breakwaters, despite being properly designed and built, failed, often when the wave heights were less than the maximum the structures were designed to handle. It was at this point that we began to examine the effect of a previously neglected effect: wave grouping.

"At the time, many other laboratories were studying the effect of ocean waves on breakwaters by exposing scale models of these structures to simulated 'random waves', that is, to an irregular mixture of wave heights and periods, the assumption being that ocean waves are normally random. In the deep parts of the oceans, blowing winds (the chief cause of waves) do tend to generate random wave patterns."

Under certain conditions, however, the sea bottom profile, the presence of offshore islands, the tides, winds and countercurrents, all interact in a complicated manner to cause a certain amount of wave grouping to take place. Waves become sorted by their periods (or speed) and are able to overtake one another; the result can be a much bigger wave that, exceeding a critical steepness, breaks, with devastating results for a ship or breakwater located at the breaking point.

It is not easy to simulate these group waves because the locations where they occur are different. The best way to test a specific marine location is to produce a true deep water wave spectrum and modify it to reflect the conditions expected to occur at the test site.



In February, 1978, a severe winter storm inflicted massive damage on a large breakwater built at Sines, Portugal, south of Lisbon. The massive structure was nearly destroyed by enormous breaking waves generated by wave grouping effects. The extent of the damage can be seen by comparing these two pictures of the breakwater, before and after the storm. (Photo: a and c, J. Ploeg, Hydraulics Laboratory, NRC; b, Societa Italiana per Condotte d'Acqua.)

En février 1978, une violente tempête infligea de lourds dommages à un grand brise-lames construit à Sines, au sud de Lisbonne au Portugal. Cet ouvrage d'art fut presque complètement détruit par le déferlement d'énormes vagues provoquées par le regroupement des vagues océaniques. On peut se représenter l'étendue des dommages en comparant ces photos du brise-lames avant et après la tempête. (Photos: a et c, J. Ploeg, laboratoire d'hydraulique du CNRC; b, Societa Italiana per Condotte d'Acqua)

Le regroupement des vagues

Un phénomène dangereux et imprévisible?

Le laboratoire d'hydraulique du CNRC étudie actuellement un phénomène marin peu connu: la formation de vagues gigantesques, capables de dévaster les ports de mer, de couler de grands navires et de faire chavirer d'énormes bouées.

Dans certaines régions du monde les phénomènes marins naturels produisent quelquefois des supervagues gigantesques et dévastatrices, capables de couler de grands navires et d'endommager gravement les installations côtières.

Au Canada, le laboratoire d'hydraulique de la Division de génie mécanique du CNRC, dirigé par M. Joe Ploeg, a entrepris une étude théorique et expérimentale des supervagues. « Nous avons commencé à nous intéresser aux supervagues en 1976 », précise M. Ploeg, « dans le cadre d'une étude des brise-lames. Nous voulions savoir

pourquoi certains brise-lames qui avaient pourtant été construits suivant les règles de l'art, subissaient de lourds dommages et même, fréquemment, dans le cas où la hauteur des vagues semblait inférieure au maximum qu'ils étaient théoriquement capables de supporter. Nous avons donc entrepris l'étude d'un facteur jusque là ignoré: le regroupement des vagues.

« À cette époque, bon nombre d'autres laboratoires océanographiques étudiaient l'effet des vagues sur les brise-lames en exposant des maquettes des installations portuaires projetées à des vagues aléatoires simulées, formées d'un mélange désordonné de vagues de périodes et d'amplitudes très diverses, les chercheurs postulant que les vagues océanes étaient normalement aléatoires. Ils n'avaient pas complètement tort car, en eaux profondes, les vents - principale cause des vagues - ont en effet tendance à créer des vagues

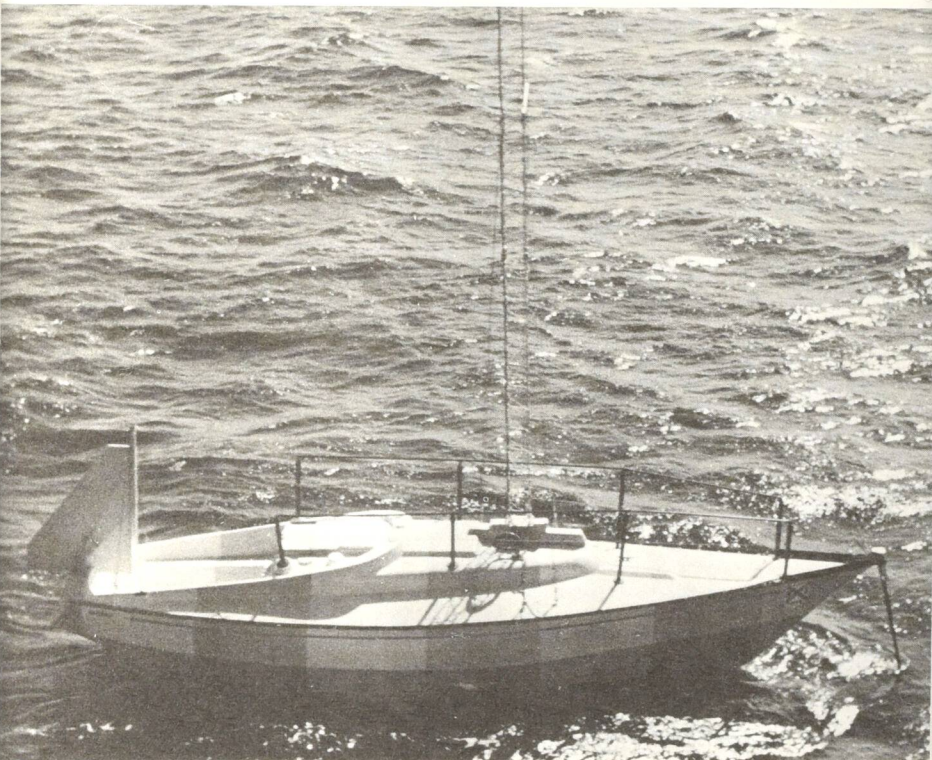
au hasard. » Dans certaines conditions toutefois, le relief sous-marin, les îles au large des côtes, les marées, le vent et les remous peuvent contribuer à regrouper les vagues. Les vagues sont « assorties » par périodes et dans certains cas, celles de périodes différentes peuvent se rattraper et s'empiler les unes sur les autres pour former une vague non seulement beaucoup plus grande, mais si abrupte qu'elle dépasse de beaucoup le niveau critique de déferlement et devient extrêmement dangereuse pour un navire ou un brise-lames qu'elle frappe.

Il n'est pas facile de simuler ces supervagues car chacune des zones où elles se forment a ses particularités propres. La meilleure façon de simuler les vagues d'un site côtier est de prendre le spectre des vagues qu'on retrouve en eaux profondes et de le modifier pour tenir compte des caractéristiques particulières du site considéré. À cet effet, les chercheurs du laboratoire d'hydraulique ont construit un grand bassin d'essais où une machine spéciale commandée par ordinateur peut créer à volonté des vagues à l'échelle dont la succession dans le temps reproduit les

The destructive phenomenon at Sines, Portugal, was reproduced in laboratory simulations performed in the Hydraulics Laboratory's wave flume. (Photo: Bruce Kane, NRC.)

La force destructrice des vagues qui ont frappé le littoral portugais, à Sines, a été reproduite dans une simulation à l'échelle lors d'une expérience réalisée dans le bassin d'essais du laboratoire d'hydraulique du CNRC. (Photo: Bruce Kane, CNRC)





Hermes Electronics, a Dartmouth, Nova Scotia company, is collaborating with several Canadian research institutions in the development of a Canadian center of expertise in oceanographic buoy technology. In collaboration with the Bedford Institute of Oceanography in Halifax, Nova Scotia, Hermes has tested several buoy hull configurations at an ocean site south of Halifax, including a 50 t, 10 m diameter disc buoy, and a modified yacht hull. During the tests, it was discovered that under certain sea conditions, the disc buoy was undergoing violent oscillations, listing by as much as 45 degrees. (Photo: Bedford Institute of Oceanography, Halifax, Nova Scotia.)

De concert avec plusieurs organismes de recherche canadiens, la compagnie Hermes Electronics, de Dartmouth, en Nouvelle-Écosse, a entrepris la création d'un centre canadien d'excellence dans le domaine de la technologie des bouées océanographiques. En collaboration avec l'Institut océanographique de Bedford, à Halifax, en Nouvelle-Écosse, la compagnie Hermes a effectué des essais en mer de divers types de bouées océanographiques, au sud de Halifax. Celles-ci comprenaient notamment une bouée en forme de disque, de 10 m de diamètre et pesant 50 t, ainsi qu'une coque de yacht modifiée pour servir de bouée. Lors des essais, on a découvert que sous certaines conditions de mer, la bouée en forme de disque subissait de violentes oscillations et pouvait s'incliner de près de 45° par rapport à l'horizontale. (Photo: Institut océanographique de Bedford)

vagues mesurées à un endroit donné au bord de la mer.

La validité de cette approche expérimentale a été confirmée de façon spectaculaire l'an dernier à la suite d'une série d'expériences visant à analyser les causes d'une défaillance catastrophique d'un grand brise-lames bâti à Sines, au Portugal. Ce dernier avait été construit en vue de protéger un port pour superpétroliers à 90 km au sud de Lisbonne, et fut gravement endommagé par une tempête, le 26 février 1978. La chose était assez surprenante car la hauteur moyenne des vagues ne fut que de 8,5 m, ce qui n'aurait théoriquement pas dû endommager sérieusement le brise-lames.

Une maquette à l'échelle du brise-lames de Sines fut construite dans le bassin d'essais du CNRC et soumise à une « tempête » simulée à partir des données enregistrées au Portugal. La maquette fut complètement détruite par ces vagues à l'échelle, qui reproduisaient fidèlement la tempête du 26 février 1978.

Les connaissances spécialisées des scientifiques du laboratoire d'hydraulique ont été mises à profit dans un cadre tout à fait différent: la conception et la mise au point de grandes bouées servant à recueillir des données océanographiques. Depuis 1975, Hermes Electronics Limited, une entreprise de Dartmouth, en Nouvelle-Écosse, qui se spécialise dans la conception de dispositifs servant à des relevés océanographiques, travaille avec l'aide du gouvernement canadien, à la mise sur pied d'un centre canadien d'excellence dans le domaine de la technologie des bouées. C'est ce qui a donné lieu au lancement d'un programme de recherche appelé le Réseau canadien de données océanographiques (RCDO) et dont environ la moitié des dépenses sont maintenant couvertes dans le cadre du Programme des projets "Industrie-Laboratoires" du CNRC. L'un des objectifs majeurs du programme RCDO est la mise en place de systèmes de mesure de données océanographiques montés sur bouées et visant à satisfaire aux besoins canadiens dans le domaine de l'océanographie et de la météorologie. En collaboration avec l'Institut océanographique de Bedford (IOB), de Dartmouth, en Nouvelle-Écosse (conseiller scientifique du programme RCDO), on a effectué des essais en mer de divers types de bouées océanographiques à quelques kilomètres au sud du port de Halifax, à un endroit où l'institut avait déjà mis en place une plate-forme instrumentée, grâce à laquelle l'exactitude des données marines et météorologiques recueillies par les instruments montés sur les bouées pouvait être

L'observation des supervagues

La mise au point, ces dernières années, de nouvelles méthodes d'observation telles que la photographie à grande résolution au moyen de satellites, a permis aux océanographes de se faire une image bien différente des « supervagues »; il semble que ces dernières soient beaucoup plus fréquentes qu'on ne le croyait autrefois. Grâce à des satellites permettant de photographier de grandes étendues océaniques comme, par exemple, le satellite américain SEASAT, les scientifiques sont à même de repérer les zones propices au regroupement des vagues, et qui sont à l'origine de la formation des supervagues. Les supervagues étaient auparavant un phénomène mal connu en raison de leur caractère éphémère et du fait qu'il était très improbable que l'on dispose d'un houlographe juste au bon endroit et au bon moment lors de la formation d'une telle vague. Les observations relatées par des équipages de navires sont également très rares car un navire exposé à une supervague coule généralement corps et biens en raison de l'énorme puissance dévastatrice de ce phénomène marin.

vérifiée.

L'une d'entre elles était une grande bouée en forme de disque, de 10 m de diamètre, équipée de divers instruments météorologiques et océanographiques mesurant la vitesse et la direction du vent, les mouvements de la bouée et la vitesse des courants. Compte tenu des caractéristiques de cette bouée, les ingénieurs de la compagnie Hermes avaient prévu que son inclinaison ne pourrait dépasser 22°. Cependant, en octobre 1978, les instruments de télémétrie embarqués sur la bouée se mirent à transmettre des données surprenantes: la bouée, exposée à des vagues d'une hauteur moyenne de 6 à 8 m (phénomène fréquent dans l'Atlantique), était soumise à des oscillations rapides pouvant atteindre 45°. On crut d'abord que ces oscillations brutales étaient des erreurs d'instruments, les angles mesurés étant beaucoup plus grands que les limites théoriques prévues pour une bouée d'une telle masse, mesurant 10 m de diamètre et pesant 50 t.

« Après avoir visité les installations du laboratoire d'hydraulique à Ottawa, et y avoir par la suite effectué des expériences », explique M. Ploeg, « les ingénieurs de la compagnie Hermes ont reçu confirmation de leurs données expérimentales.

« Deux d'entre eux, Bill Spencer et Sherman Waddell, nous ont rendu visite pendant que nous faisons des essais sur une maquette du brise-lames de Sines, sous des conditions reproduisant fidèlement les données enregistrées en mer. Après avoir constaté que le regroupement des vagues pouvait décupler leur force destructive, ces ingénieurs se sont rendu compte qu'il ne fallait pas nécessairement incriminer les instruments de la bouée et que cette dernière était effectivement soumise à des oscillations violentes. Ils nous ont donc demandé d'effectuer des tests sur une maquette de leur bouée dans notre bassin d'essais.

« À leur visite suivante à Ottawa, ils apportèrent avec eux une maquette à l'échelle de leur bouée, ainsi qu'un enregistrement du spectre des vagues, obtenu le jour où elle s'était inclinée de 45°. Un technicien confia ces données à l'ordinateur qui commande notre générateur de vagues, et mit la machine en marche. La première vague qui déferla sur la maquette (d'une hauteur correspondant à celle d'une vague de 6 m) la renversa! »

Selon Bill Spencer, le chavirement d'une bouée de 10 m de diamètre représenterait une véritable catastrophe: « Une telle bouée chavirée serait un dangereux obstacle à la navigation car elle flotterait à fleur d'eau, et il serait très difficile de l'apercevoir à l'œil nu ou de la détecter sur les écrans de radar. Une collision avec un tel objet massif à demi submergé pourrait être désastreuse pour certains navires. Ces dernières années, plus de deux bouées américaines et une bouée japonaise de ce type (en forme de disque) ont chaviré dans le Pacifique. Compte tenu de la possibilité de tels accidents et à la lumière de nos expériences au CNRC, nous ne pouvons plus écarter la possibilité que notre bouée oscille fortement ou même chavire sous l'action du déferlement des vagues. »

Les ingénieurs de la compagnie Hermes ont alors élargi le cadre de leurs expériences et se sont intéressés à d'autres types de bouées susceptibles de mieux résister au chavirement. Ils ont testé des bouées telles que des toroïdes (bouées en forme d'anneau), des hexagones, des disques plats et même une coque de yacht modifiée par l'Institut océanographique de Bedford pour être utilisée comme bouée.

« En deux semaines d'essais », de préciser M. Spencer, « nous avons été à même de comparer les mérites de 61 configurations différentes de bouées, sous des conditions identiques de déferlement, et de les classer en fonction de leur résistance au chavirement; il nous apparaît maintenant possible de concevoir des bouées de plus petite

To this end, scientists at the Hydraulics Laboratory have built a large wave flume in which a computer-controlled machine can generate scaled-down waves in a time sequence that simulates actual wave conditions at a given location.

The validity of this approach received dramatic confirmation last year when a series of experiments were run to analyze the causes of the catastrophic failure of a large breakwater in Sines, Portugal. Built to protect a supertanker port 90 km south of Lisbon, the massive structure was severely damaged by a winter storm on February 26, 1978, even though the average height of the waves reached only about 8.5 m, which the structure was designed to handle without much damage.

A carefully scaled-down model of the Sines breakwater was built in the NRC wave flume, and a simulated storm was created, based on actual wave records obtained in Portugal during the storm in February 1978. The model breakwater was completely destroyed by the simulated grouped waves.

The expertise of the Laboratory in simulating realistic sea states has now been applied to a rather different task: the design and testing of large oceanographic data buoys. Since 1975, Hermes Electronics Limited, a Dartmouth, Nova Scotia company specializing in the design of oceanographic equipment, has received help from the Canadian government in creating a Canadian center of expertise in buoy technology. A research program called the Canadian Ocean Data System (CODS) is under way, and is now funded through NRC's Program for Industry/Laboratory Projects (PILP), which covers about half of the total costs. A major objective of the CODS program is to provide buoy-mounted data acquisition systems to satisfy Canadian requirements for meteorological and oceanographic data.

In collaboration with the Bedford Institute of Oceanography (BIO) in Dartmouth, Nova Scotia (the scientific advisor to the CODS program), field tests of several types of data buoys have been performed at an ocean site a few kilometres south of Halifax harbor; an instrument tower from the Institute was already deployed at the location and provided comparative wave and weather measurements.

The buoys under test included a large, 10 m-diameter discus buoy used to support a host of meteorological and oceanographic instruments for measuring such data as wind speed and direction, buoy motions and water currents. Based on their original design

data, Hermes engineers had predicted that the buoy's maximum tilt angle would not exceed 22 degrees. However, during October, 1978, the buoy started to radio some surprising data ashore; the indications were that in sea conditions where the average wave height was 6 to 8 m (a common occurrence in the Atlantic), the buoy was being tilted in rapid fashion by as much as 45 degrees. These violent oscillations were initially discounted as instrument errors since the angles were much higher than the predicted limits for the buoy. Such motion was considered unlikely for a massive 50 t, 10-m diameter buoy.

Then, a visit to NRC's Hydraulics Laboratory, and subsequent laboratory experiments in Ottawa, provided the Hermes project engineers with added confirmation of the field test results. As Joe Ploeg explains:

"Hermes engineers Bill Spencer and Sherman Waddell were here during our testing of a model of the Sines breakwater under realistic sea conditions. When we showed them how wave forces could become so much higher because of grouping effects, they realized that theirs might not be an instrumentation problem, and that the buoy was, in fact, oscillating up to the extreme angles recorded. So they asked us to test a model of their buoy in our wave flume.

"The next time they returned to Ottawa, with a scale model of their discus buoy, they provided us with an actual record of the wave spectrum obtained when the buoy was tilting by 45 degrees. A technician fed these data into the computer that controls our wave machine, and started it. The very first wave that reached the model, a 6 m breaking wave, overturned it!"

According to Hermes project engineer Bill Spencer, the overturning of a 10 m discus buoy would be a serious disaster: "Such an overturned buoy would present a serious navigation hazard as it would be barely discernable in the water, and nearly invisible on ship radar screens. In a collision with such a massive, submerged object, some ships might well come out second best. In recent years, at least two American and a Japanese discus buoy have been overturned in the Pacific, and based on this and the NRC data, we can no longer discount the possibility that our buoy could undergo wild oscillations and even be overturned by breaking waves."

The Hermes team then broadened the scope of their tests to include other hull shapes that might resist overturning better. These included toroid (doughnut-shaped) buoys, hexoids (six-sided doughnuts), discus-type buoys, and even a modified yacht hull pro-

vided by the Bedford Institute of Oceanography.

"In two weeks of testing in the NRC wave flume," says Spencer, "we were able to compare 61 different buoy configurations under identical breaking wave conditions and to rank them as to their ability to resist overturning in realistic sea conditions; it now appears that we can design smaller, less expensive buoys that have at least the same survivability as a large discus buoy. This would increase the size of our export market for ocean data buoys."

For Joe Ploeg and his colleagues at the Hydraulics Laboratory, a pressing task still remains: to promote the adoption of more realistic, standardized test methods in the world's other hydraulics laboratories. Says Ploeg: "The whole field of wave testing is not yet standardized and can be very confusing for an outsider, since the various laboratories will obtain widely different test results in a given situation because of the diversity of experimental and theoretical approaches. Of course, that is not so unusual in other areas of science - witness the case of long-term weather forecasting where the parameters involved are so complicated as to defy analysis. Hopefully, however, wave tests will become somewhat less of a black art and more of a science in the coming years." □

Michel Brochu

Observation of "episodic waves"

In recent years, with the development of new observation methods such as high resolution satellite photography, oceanographers have started to form a different picture of "episodic waves". Named because they were once thought to be rare oceanic events, it now appears that these waves occur fairly frequently. Looking at large areas of the oceans with satellites such as the American SEASAT, scientists are now able to pinpoint areas of the oceans where wave grouping is likely to occur, with the consequent formation of episodic waves. Such waves were previously ignored because of their shortlived character, and the chances of having a wave recorder at precisely the right place and time to detect one were vanishingly small. Reports by ship crews are also very rare; if a ship happens to experience a huge episodic wave, it very likely sinks without a trace because of their tremendous destructive power.



taille, qui seraient moins coûteuses et résisteraient au moins tout aussi bien au chavirement qu'une grande bouée en forme de disque. Ceci pourrait ouvrir de nouveaux débouchés à l'étranger pour nos bouées océanographiques. »

Une tâche pressante demeure pour Joe Ploeg et ses collègues du laboratoire d'hydraulique du CNRC: promouvoir l'adoption de méthodes d'essais plus fidèles et normalisées dans les autres laboratoires d'hydraulique mondiaux. Selon M. Ploeg, « le domaine de la simulation des effets des vagues n'est pas encore normalisé et cette situation peut être très compliquée pour un profane. S'il consulte divers laboratoires au sujet d'une question donnée, ces derniers obtiendront souvent des résultats très variés à la suite de leurs expériences en laboratoire, en

Further experiments performed in a wave flume at NRC's Hydraulics Laboratory in Ottawa revealed that the buoy oscillations were probably due to wave grouping effects, which led to the formation of large, breaking waves, potentially capable of overturning it. Subsequent testing of scale models of other buoy configurations has led the Hermes engineers to believe that they can design smaller, less expensive buoys that would resist hostile conditions in the oceans at least as well as the disc buoys now in use. (Photo: Bruce Kane, NRC.)

raison de la grande diversité des approches expérimentales et théoriques employées. Il faut naturellement se rappeler que cette situation est encore assez fréquente dans d'autres secteurs du monde scientifique. Pensez, par exemple, à la météorologie, où les facteurs à considérer sont si compliqués

Des expériences effectuées dans un bassin d'essais du laboratoire d'hydraulique du CNRC, à Ottawa, ont révélé que les oscillations de la bouée étaient sans doute dues au regroupement des vagues, qui provoquait la formation d'énormes vagues déferlantes, capables de faire chavirer une bouée. Après avoir effectué une série d'essais avec des modèles à l'échelle d'autres types de bouées, les ingénieurs de la compagnie Hermes sont arrivés à la conclusion qu'il leur serait possible de mettre au point des bouées plus petites et moins coûteuses que les bouées en forme de disque, et qui pourraient résister tout aussi bien que ces dernières aux conditions difficiles qu'on retrouve en plein océan. (Photo: Bruce Kane, CNRC)

que les prévisions à long terme sont presque impossibles. Nous avons toutefois bon espoir que l'analyse des effets des vagues pourra perdre une partie de son caractère empirique et devenir plus scientifique au cours des années à venir. » □

Michel Brochu

Energy for tomorrow

Regulating the mysterious methanogens

A group of National Research Council scientists in Ottawa has come up with a process for biogas production which is not only several times more efficient than systems now in use, but it may also skirt a crucial hurdle faced by industrial research - the scaling up of a small "bench" model to a much larger, practical system.

In theory, the concept is almost too good to be true - the conversion of plant and animal wastes that normally pollute to a valuable form of energy, the combustible gas methane. The problems of maintaining a clean environment and meeting society's energy demands are thus both tackled and, at least in part, alleviated.

Methane, the simplest member of a family of hydrocarbons that include gasoline and kerosene, is better known as "marsh" or natural gas, the principal ingredient in Alberta pipelines, sewage plant burn-off gases and, well, that age-old bane of social gatherings, flatulence.

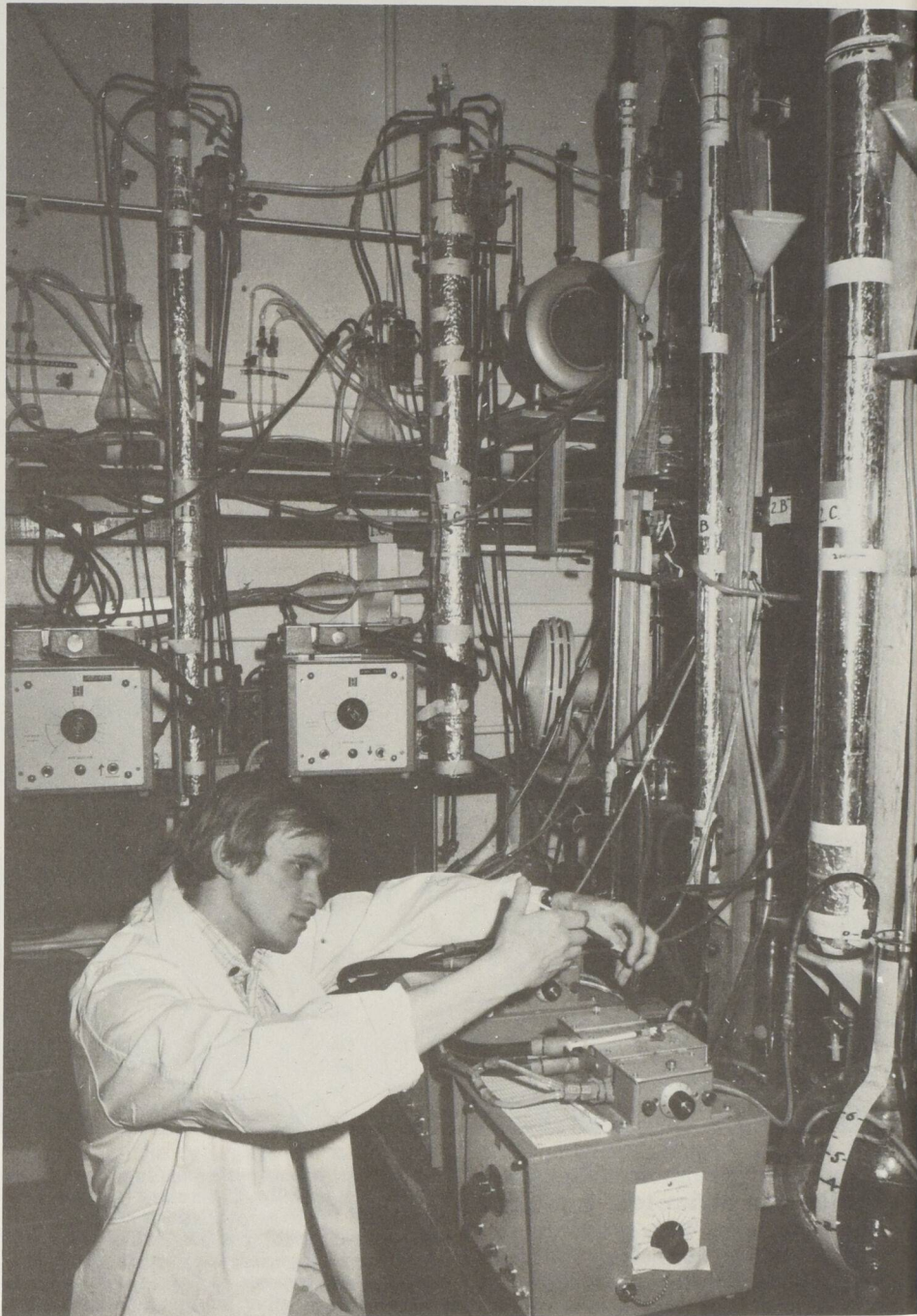
But like those other, more popular sources of renewable energy, the sun and the wind, biogas has experienced difficulties of transition from the drawing board to functioning, practical systems. Simply put, making methane out of wastes has been too unreliable and inefficient a process to qualify as an assured energy source, a problem attributable both to the bacteria that mediate the sewage to methane conversion, and the structures of the fermenter systems themselves.

While scientists have no detailed knowledge of all that happens when bacteria break down wastes to methane, the general aspects of the process are known. There are at least two main events, according to NRC's Bert van den Berg: "At first a large part of the waste is broken down to small molecules such as acetic acid," he explains. "Then, this acid (the same stuff that makes vinegar) is changed to methane by bacteria called 'methanogens'.

"Until recently," says van den Berg, "the process hasn't been seriously considered in North America as an energy source. Municipal sewage plants have often been content to utilize it just to treat the sewage, burning off most of the gas as a troublesome by-product."

While other, more energy-hungry countries like India and China have used family- and village-scale biogas or "Gobar" plants for years, they are usually simple devices, little more than manure tanks with gas collectors.

Van den Berg's coworker Pete Lentz



Milan Muzar at work on the laboratory setup for examining the biogas production of bacteria grown on the inner walls of glass columns. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Milan Muzar travaille sur l'installation expérimentale servant à déterminer la quantité de méthane produite par des bactéries cultivées sur la surface interne de colonnes de verre. (Photo: Bruce Kane, CNRC)

puts his finger on two basic problems. First, the mixed bacteria population is very sensitive, and easily stalled because of fairly strict limits on temperature and acidity, and a critical need for an oxygen-free or "anaerobic" environment. Second, the gas production takes time, due to the fact that the methane-producing bugs are intrinsically slowpokes, making it difficult to grow them in quantity; as well, the

means of bringing the bacteria together with the waste material is inefficient in the large fermenter tanks commonly used.

It is this second problem that the NRC scientists looked into. Rather than focus on speeding up the methanogens' internal chemistry, a very complicated long-term project, they simply designed a much better fermenter. By making the bacteria grow

Mise au pas des bactéries méthanogènes

Des scientifiques du Conseil national de recherches, à Ottawa, ont inventé, pour la fabrication du méthane, un procédé qui est non seulement beaucoup plus efficace que les systèmes actuellement en usage, mais qui pourrait également permettre de brûler cette étape cruciale de la recherche industrielle qu'est le passage de la petite installation expérimentale à celle de la production à grande échelle.

A priori, l'idée de transformer une source de pollution naturelle comme les déchets animaux et végétaux en une source d'énergie utile comme le méthane apparaît presque trop simple pour être prise au sérieux. Et l'on s'attaque, par la même occasion, au double problème de la protection de l'environnement et de la satisfaction des besoins énergétiques de la société, tout en en atténuant de surcroît, même si ce n'est que partiellement, la sévérité.

Le méthane, élément le plus simple d'une famille d'hydrocarbures comprenant l'essence et le kérosène, ou pétrole lampant, est mieux connu sous le nom de gaz des marais, encore appelé gaz naturel; il constitue le principal élément transporté par les pipe-lines de l'Alberta. On le retrouve dans les gaz de combustion des usines de traitement d'ordures et aussi, disons-le, dans ces émissions flatulentes que les bonnes manières proscrirent en société.

Mais, comme pour ces autres sources d'énergie mieux connues et renouvelables que sont le Soleil et le vent, on a éprouvé des difficultés à passer de la planche à dessin à l'installation industrielle. Succinctement, on peut dire que la fabrication de méthane à partir de déchets organiques s'est révélée être un processus trop incertain et inefficace pour se qualifier comme source d'énergie fiable, problème attribuable tout autant aux bactéries qui sont à la base de la conversion de ces déchets en méthane, qu'aux structures mêmes des systèmes de fermentation.

Bien que les scientifiques ne connaissent pas en détail le mécanisme de la décomposition bactérienne à laquelle on fait appel, les caractéristiques générales du processus sont bien connues. Selon Bert van den Berg, du CNRC, il existe au moins deux étapes principales: « Décomposition d'une grande partie des résidus en petites molécules comme celles d'acide acétique (celui qui donne du vinaigre), puis transformation en méthane de cet acide par des bactéries méthanogènes.

« Jusqu'à tout récemment, on n'avait pas sérieusement envisagé, en

Amérique du Nord, d'employer ce processus comme source d'énergie. Les usines d'épuration municipales se sont souvent contentées de l'utiliser pour le traitement des effluents résiduels et de brûler la plus grande partie du gaz, le considérant comme un sous-produit encombrant. »

Par contre, d'autres pays, comme l'Inde et la Chine, qui souffrent d'une pénurie plus aiguë d'énergie, se servent depuis des années, à l'échelle familiale ou villageoise, de « générateurs » de méthane « artisanaux »; il s'agit habituellement de dispositifs simples qui ne sont guère plus que des citernes à purin équipées de récupérateurs de gaz.

Un collègue de M. van den Berg, Pete Lentz, tient à souligner deux problèmes fondamentaux. Le premier, c'est que la population bactérienne, composée de bactéries de différents types, est très fragile, et que son développement est facilement inhibé lorsque certaines limites assez restreintes de température et d'acidité ne sont pas respectées et qu'un environnement anaérobie, qui est absolument essentiel, n'a pu être réalisé. Le second est que la production de gaz est un processus long parce que les bactéries méthanogènes ne se reproduisent que lentement et, de ce fait, il est difficile de les cultiver massivement. D'autre part, les grands fermenteurs couramment utilisés interdisent un contact efficace des bactéries avec les résidus.

C'est à ce deuxième problème que les chercheurs du CNRC se sont attaqués. Plutôt que d'essayer d'accélérer la chimie interne des bactéries méthanogènes, entreprise particulièrement complexe et fastidieuse, ils ont tout simplement choisi de réaliser un fermenteur ayant un bien meilleur rendement. En forçant les bactéries à se multiplier sur une surface au lieu de les laisser agir librement dans la masse résiduelle, ils ont réalisé un système qui leur permet d'obtenir dix fois plus de gaz qu'avec les fermenteurs classiques. « Ce que nous utilisons », nous a dit Bert van den Berg, « c'est une série de colonnes de verre dans lesquelles nous faisons circuler l'effluent. Les bactéries se développent sur la surface interne des colonnes, favorisant ainsi entre elles et la masse résiduelle le contact maximal indispensable et, ce qui est non moins important, les bactéries ne sont pas évacuées et donc perdues dans les eaux traitées. »

Lentz précise que le rendement du système est déterminé par le rapport de la superficie de la paroi interne de la

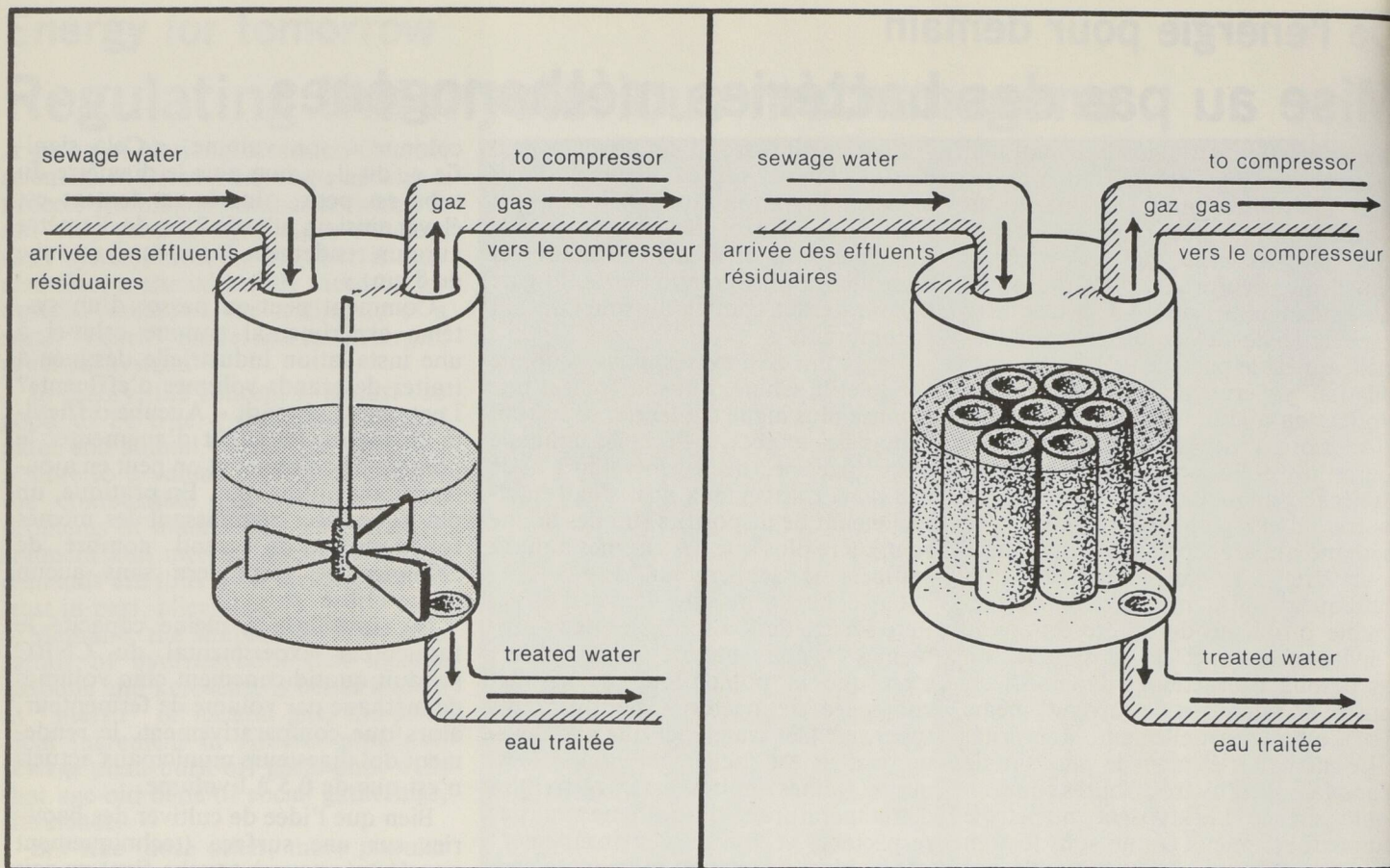
colonne à son volume. « Cela signifie », dit-il, « que plus le diamètre du tube est petit, plus le rendement est élevé; ainsi un tube de 2 cm de diamètre aura un rendement supérieur à un tube de 8 cm. »

Comment peut-on passer d'un système expérimental comme celui-ci à une installation industrielle destinée à traiter de grands volumes d'effluents? Lentz nous répond: « Aucune difficulté en théorie, il suffit d'augmenter le nombre de colonnes et on peut en ajouter autant qu'on veut. En pratique, un plastique léger remplissant les mêmes fonctions qu'un grand nombre de colonnes de verre sera sans aucun doute utilisé. »

En travaillant à pleine capacité le fermenteur expérimental du CNRC produit quotidiennement cinq volumes de méthane par volume de fermenteur, alors que, comparativement, le rendement des digesteurs municipaux actuels n'est que de 0,5 à 1 volume.

Bien que l'idée de cultiver des bactéries sur une surface (techniquement appelée réacteur à couche fixe) ne soit pas nouvelle et que le CNRC ne puisse en revendiquer la paternité, le système à colonnes de verre de ses chercheurs représente un progrès par rapport aux techniques existantes. Ces dispositifs, que l'on appelle en général des « filtres anaérobies », n'ont jamais remporté qu'un succès modeste parce que les micro-organismes ne se fixent pas sur la totalité de la surface; les eaux résiduelles ont tendance à s'écouler en suivant des cheminements préférentiels et les particules solides provoquent des obstructions. Les colonnes conçues par Lentz et van den Berg améliorent, semble-t-il, l'adhérence des bactéries aux surfaces et, de plus, empêchent l'instauration d'un écoulement unidimensionnel et les obstructions parce que les effluents sont introduits dans le fermenteur par le haut et non par le bas comme c'est habituellement le cas dans les systèmes classiques. Les chercheurs d'Ottawa travaillent maintenant avec un réacteur de plus grandes dimensions, à Burlington, dans l'Ontario, pour fabriquer du méthane à partir des effluents résiduels d'une conserverie canadienne. Les premiers résultats sont encourageants.

Si le CNRC est à l'avant-garde de la recherche sur la fabrication du biogaz et lui consacre plus de 1 million de dollars par an, d'autres laboratoires, et notamment ceux des universités du Manitoba et de la Colombie-Britannique, s'y sont également attaqués. Le



Methane gas production from organic wastes, the current way (left) and by a new Canadian method (right). These simplified representations compare the standard, paddle-wheel means of mixing sewage and methane-producing bacteria with a technique where the sewage flows through a bank of columns coated with the bacteria. This "fixing" the bugs to a surface makes the process up to ten times more efficient and promises to turn society's organic wastes into a significant source of energy. (Graphic: John Bianchi)

waste volumes? "In principle it should be simple," says Lentz. "Just increase the number of tubes - as many as you like. In practice, a light-weight plastic material, working like a large number of glass tubes, will no doubt be used."

Operating at its peak performance, the NRC lab-scale fermenter produces five volumes of methane per volume of fermenter each day, compared to the 0.5 - 1.0 volume range currently achieved by most municipal sewage digesters.

Though the idea of bacterial growth on a surface (technically called a "fixed film" reactor) is not an NRC idea, the Ottawa team's tube system represents an improvement over existing techniques. Such devices, collectively referred to as "anaerobic filters", have achieved only limited success because the bugs do not stick to all of the surface, waste waters tend to channel, and plugging occurs due to solid particles. Lentz and van den Berg's tube system not only seems to improve adherence of the bacteria to surfaces, but by admitting the waste waters from above, rather than below as is commonly done, the problems of channelling and plugging are avoided. The Ottawa scientists are now using a larger version of their reactor in Burlington, Ontario, to produce methane from the waste waters of a Canadian canner's plant. The preliminary results are promising.

Fabrication de méthane à partir de matières organiques, par la méthode classique (à gauche), et à l'aide d'une nouvelle méthode canadienne (à droite). Cette illustration simplifiée permet de voir la différence entre la méthode classique, faisant appel à un agitateur pour mélanger les effluents résiduaires avec les bactéries méthano-gènes, et une technique où on fait passer cet effluent dans une série de colonnes de verre dont la surface interne est couverte d'une couche de bactéries. La « fixation » des micro-organismes sur une surface multiplie par dix le rendement du processus et promet de transformer des déchets actuellement inutilisables en une importante source d'énergie. (Schéma: John Bianchi)

on a surface rather than allowing them to swim freely in the waste, they came up with a system that produces up to 10 times more gas than fermenters now in use. Comments Bert van den Berg: "What we have developed is a bank of glass tubes through which the waste flows. The bacteria grow on the internal surface of the tubes, thereby maximizing the essential waste-bacteria contact. Equally important, you don't lose the bacteria in the cleaned-up waste waters."

Lentz established that the system's efficiency hinged on the relationship between the inner surface area and the volume of the tower. "What this means is that the smaller the tube diameter, the greater the efficiency - a 2 cm diameter, for example, is superior to an 8 cm diameter."

How can such a system be scaled up to industrial size for handling large

While NRC is at the forefront of biogas production research, spending upwards of \$1 million per year in research, other laboratories, notably at the Universities of Manitoba and British Columbia, are also in the field. In fact, Manitoba has a truck equipped with gas cylinders that runs solely on methane produced from pig manure. In Colorado, U.S.A., a much more ambitious project has been set up by Monford Industries to produce and utilize methane from the manure of a 175,000-head cattle herd. With fossil fuels running out, methane production from the breakdown of organic wastes is no longer the uninvited relative of the renewable energy family. With developments in technique, it has the potential to become a valuable and dependable element in meeting future energy needs. □

Wayne Campbell

Manitoba dispose même d'un camion qui fonctionne uniquement avec du méthane provenant de fumier de porcherie. Au Colorado, aux Etats-Unis, un projet beaucoup plus ambitieux a été mis sur pied par Monford Industries pour exploiter le méthane issu du fumier d'un troupeau de 175 000 têtes de bétail. Avec l'épuisement des combustibles fossiles, la production de méthane organique n'est plus le parent pauvre de la famille des énergies renouvelables. Il y tout lieu de penser que, lorsqu'il aura bénéficié des raffinements techniques nécessaires, ce gaz utile et fiable nous aidera à couvrir une partie de nos besoins énergétiques futurs.

Texte français: Claude Devismes

A scaled-up version of the glass column reactor. The 40 l model, which operates in the manner of a series of glass columns, is being checked by NRC's Dave Armstrong. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Modèle de réacteur à colonnes de verre de 40 l de capacité. Ici, Dave Armstrong, du CNRC, vérifie le système où l'on simule le travail d'une série de colonnes de verre. (Photo: Bruce Kane, CNRC)



CUT - DECOUPEZ

1979/3

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:		Ne plus envoyer	
<input type="checkbox"/> all publications <input type="checkbox"/> this publication		vos publications <input type="checkbox"/> cette publication <input type="checkbox"/>	

FOLD OUT

NAME - NOM

TITLE - TITRE

ORGANIZATION - ORGANISME

STREET - RUE

CITY - VILLE

PROVINCE

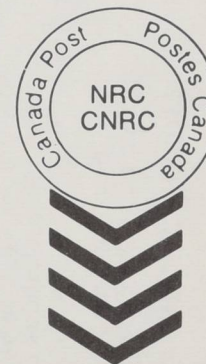
POSTAL CODE POSTAL

COUNTRY - PAYS

Business Reply Mail Correspondance - réponse d'affaires

No postage necessary in Canada

Se poste sans timbre au Canada

National Research
Council CanadaConseil national de
recherches CanadaOTTAWA
CANADA
K1A 0R6

Public Information - Information publique

FASTEN HERE - SCELLER 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 COMPORTENT-ILS UNE ERREUR?

Veillez 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



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	

CUT - DÉCOUPEZ

