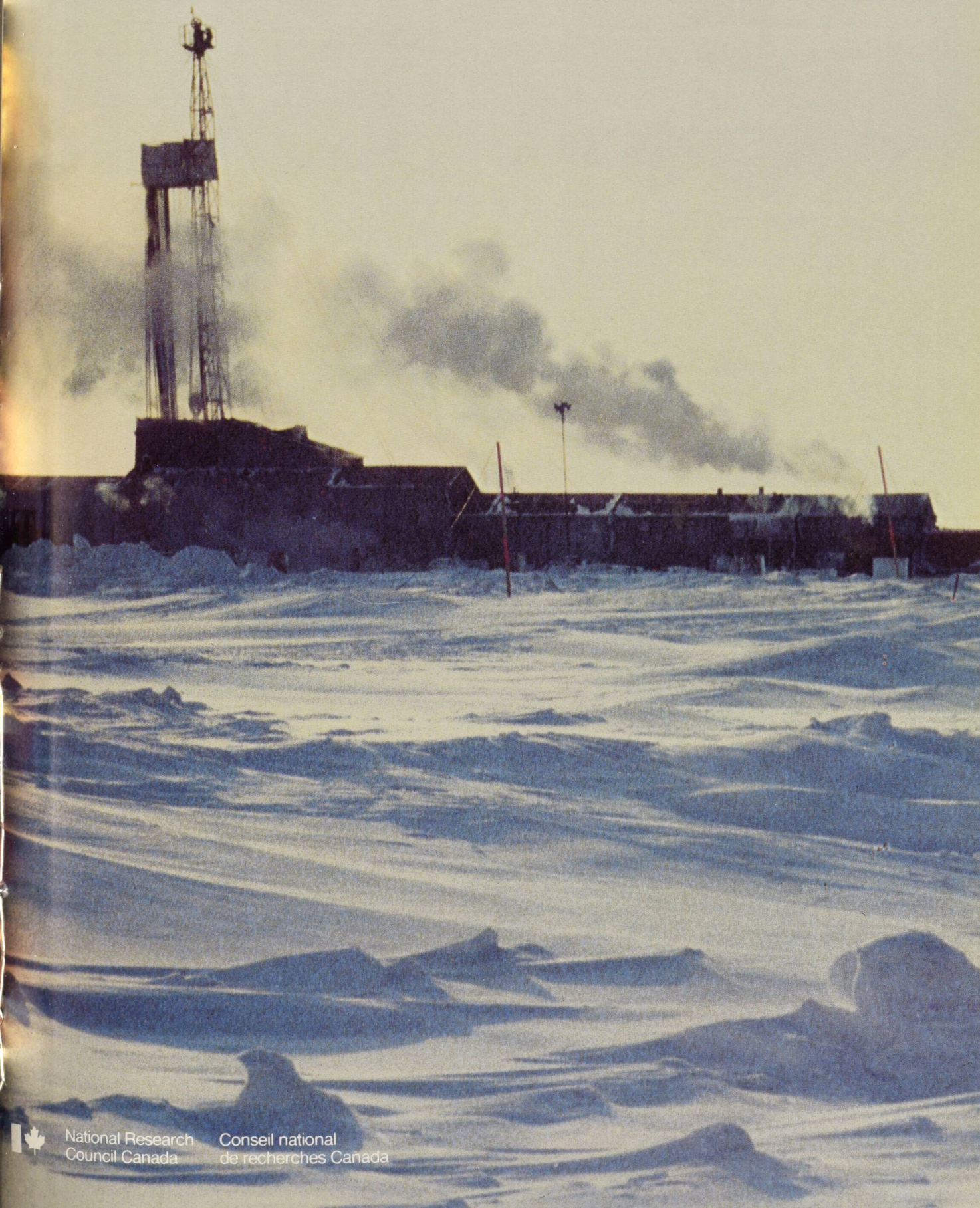


SCIENCE DIMENSION

1978/4



National Research
Council Canada

Conseil national
de recherches Canada

SCIENCE DIMENSION

Vol. 8 No 4, 1976
ISSN 0036-830X

Contents/Sommaire

- 4 A platform of ice**
New technique for offshore well-drilling in the high Arctic.
Une plate-forme de glace 5
Nouvelle technique de forage de puits sous-marins dans l'Arctique
-
- 10 Passport to learning**
Portable communication unit promotes language and educational development for the handicapped.
Passeport pour apprendre 11
Une unité portative de communication encourage le développement linguistique et éducatif des handicapés.
-
- 14 The space connection**
The remote manipulator project — NRC acts as coordinating and management agency.
La connexion spatiale 15
Le télémanipulateur pour la navette spatiale. Le CNRC, agence de coordination et de direction.
-
- 22 Blunting the teeth of the gale**
"Wind engineering" — gauging the effects of wind on structures.
Des tempêtes moins destructives 23
Le "génie éolien" mesure les effets du vent sur les structures.
-
- 26 Infrared search**
Program for Canadian users.
La recherche en infrarouge 27
Un programme pour les utilisateurs canadiens.
-
- 28 New insights into organic chemistry**
Unravelling the mysteries of hydrolysis reactions.
Un pas en avant en chimie organique 29
Les secrets de l'hydrolyse.

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.

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 à la rédactrice en chef, Science Dimension, CNRC, Ottawa, Ontario, K1A 0R6, Canada. Téléphone: (613) 993-3041.

Managing Editor Loris Racine **Directeur**

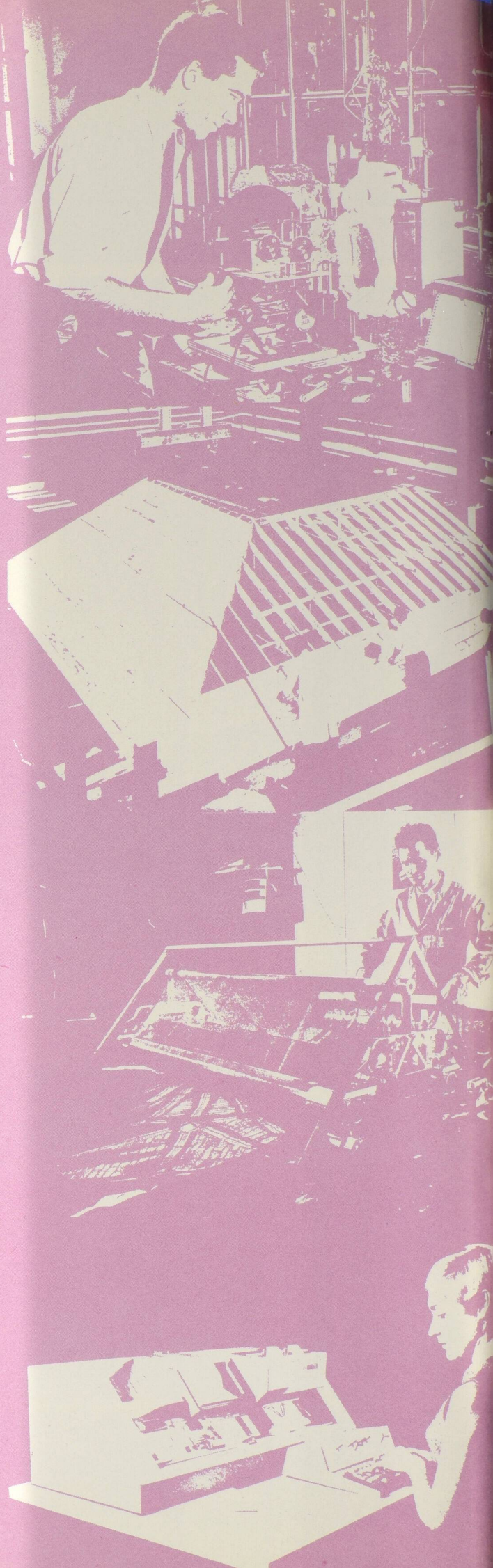
Editor Joan Powers Rickerd **Rédactrice en chef**

Associate Editors Wayne Campbell **Rédacteurs en chef adjoints**
Dr. Wally Cherwinski

Designer and Robert Rickerd **Maquettiste et**
Print Supervisor **contrôleur de l'impression**

Photography Bruce Kane **Photographie**

Printer Dolco **Imprimeur**
31059-5-0782



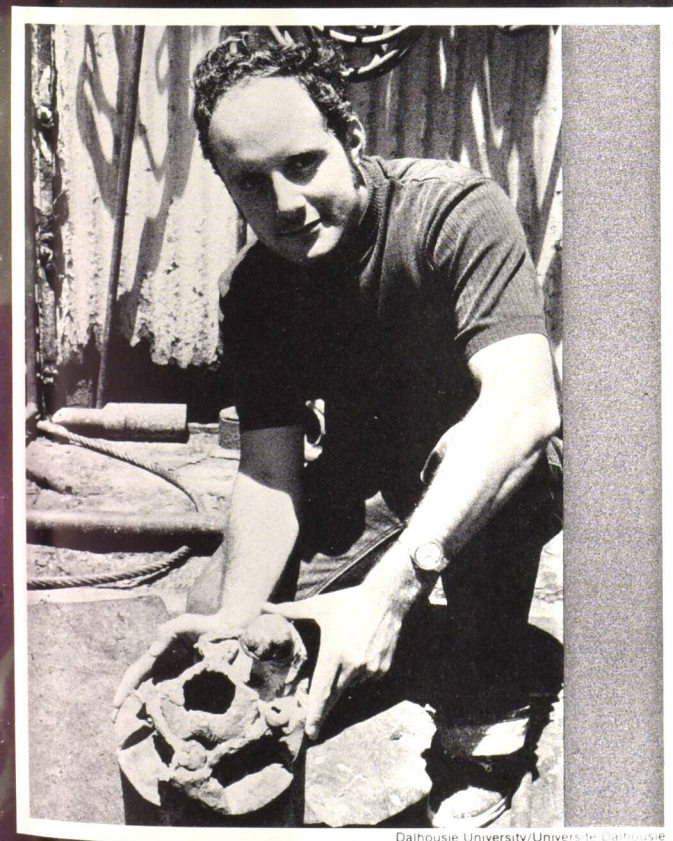
1976 Steacie Fellows

This year, for the first time since its inception in 1963, the Steacie Memorial Fellowship has been awarded to two scientists: Dr. J.P. Carbotte (right) of the Department of Physics, McMaster University, receives congratulations from Dr. B.A. Gingras, Vice-President (University Grants and Scholarships), National Research Council of Canada; Dr. Fabrizio Aumento (below) of the Department of Geology, Dalhousie University, was unable to attend the ceremony.

The Fellowship is awarded annually by the National Research Council to not more than two outstanding university staff members under 38 years of age. It honors the memory of Dr. E.W.R. Steacie, President of NRC from 1952 to 1962. The fellowship is designed to permit the recipients to devote their full time to research.

Author of over 70 scientific papers, Dr. Aumento is considered one of Canada's best marine geologists. The Chairman of Dalhousie University's Department of Geology from 1973 to 1975, he was one of the first to see the necessity for precise and comprehensive control of oceanographic data. With the help of NRC grants, the Department has built up an oceanographic competence and deep drilling expertise that ranks with the best in North America.

Dr. Carbotte was the 1974 winner of the Herzberg prize of the Canadian Association of Physicists for his work in solid state physics and was winner of the 1975 Steacie Prize, awarded by the Trustees of the E.W.R. Steacie Memorial Fund. Author of some 80 papers over a 10-year period, he was the first person to calculate the parameters of the superconductivity state of a metal using neutron-phonon data and is still considered the leader in this field. □



Dalhousie University/Université Dalhousie

1976 Boursiers Steacie



Mansell Acres - NRC-CNRC

Cette année, et pour la première fois depuis sa création en 1963, c'est à deux scientifiques, le Dr J.P. Carbotte et le Dr Fabrizio Aumento, que la Bourse commémorative E.W.R. Steacie a été attribuée. Le Dr J.P. Carbotte (en haut), du Département de physique de l'Université McMaster, est félicité par le Dr B.A. Gingras, Vice-président (Subventions et bourses universitaires) du Conseil national de recherches du Canada; le Dr Fabrizio Aumento (à gauche), du Département de géologie de l'Université Dalhousie, n'a pu assister à la cérémonie.

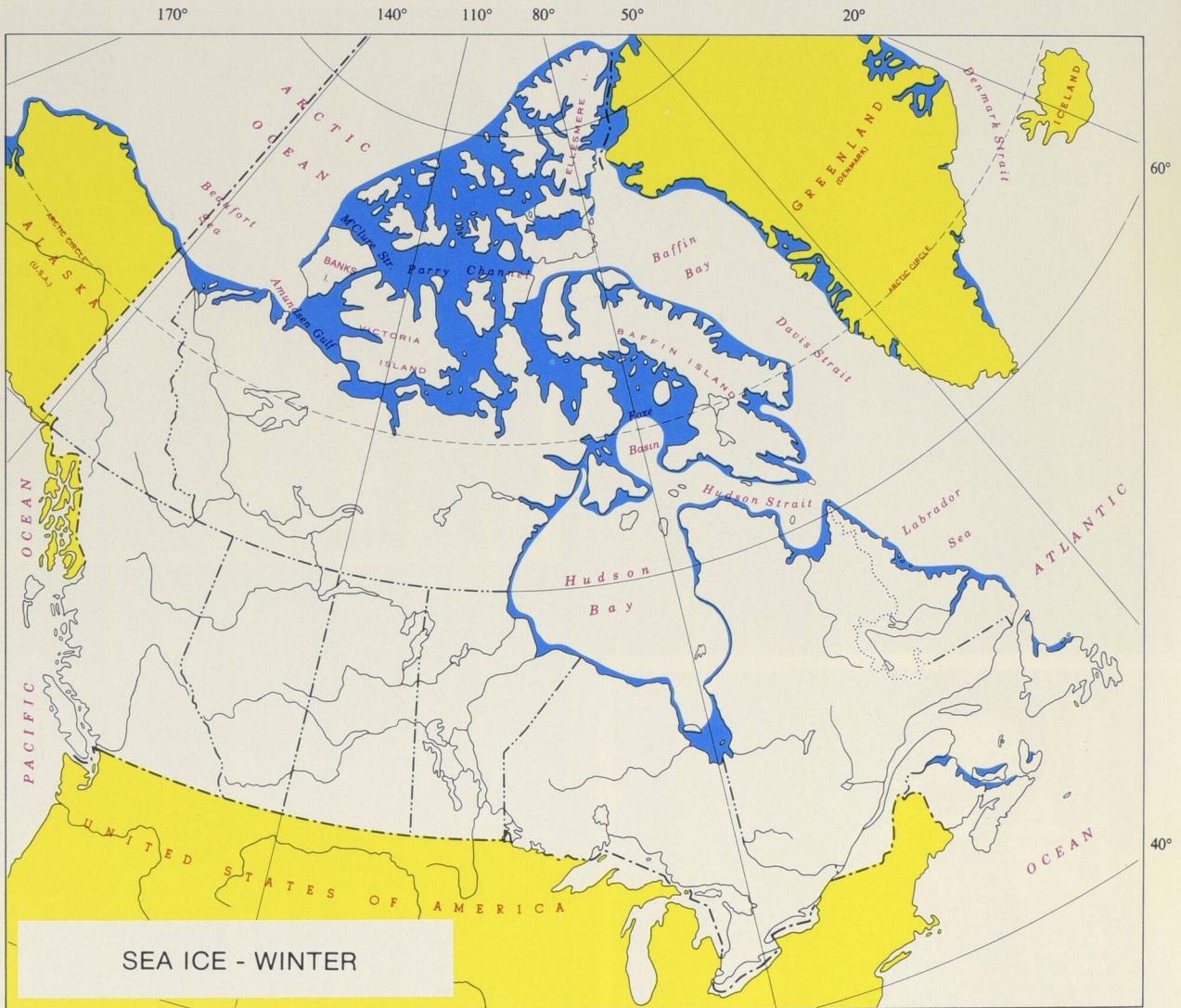
La Bourse Steacie est attribuée chaque année par le Conseil national de recherches à un maximum de deux universitaires âgés de moins de trente-huit ans et qui se sont distingués par des travaux remarquables. Cette bourse honore la mémoire du Dr E.W.R. Steacie qui a été président du Conseil national de recherches de 1952 à 1962. Elle a pour objet de permettre aux récipiendaires de faire de la recherche à plein temps.

Auteur de plus de 70 communications scientifiques, le Dr Aumento est considéré comme l'un des meilleurs géologues marins canadiens. Président du Département de géologie de l'Université Dalhousie de 1973 à 1975, il a été l'un des premiers à percevoir la nécessité de procéder à un contrôle précis et exhaustif des données océanographiques. Avec l'aide de subventions du CNRC, le département a accumulé des compétences océanographiques et une expertise dans le forage à grande profondeur qui le classent parmi les meilleurs d'Amérique du Nord dans ces domaines.

Le Dr Carbotte a obtenu le Prix Herzberg 1974, qui lui a été décerné par l'Association canadienne des physiciens pour ses travaux sur la physique de l'état solide et le Prix Steacie, qui lui a été décerné par les administrateurs du Fonds commémoratif E.W.R. Steacie. Ayant présenté environ 80 communications scientifiques au cours d'une période de dix ans, le Dr Carbotte est la première personne à avoir calculé les paramètres de la supraconductivité d'un métal en utilisant des données obtenues avec des neutrons et des phonons et il est toujours considéré comme étant à la pointe de la recherche dans ce domaine. □

Offshore well-drilling in the Arctic - A platform of ice

In cooperation with NRC's Division of Building Research, Panarctic Oils Limited and Foundation of Canada Engineering Corporation, both of Calgary, Alberta, have pioneered a remarkable new technique for offshore well-drilling in the high Arctic. This involves building floating ice platforms for supporting the drilling equipment.



Energy, Mines & Resources/Energie, mines et ressources

Areas of the high Arctic with good potential for off-shore drilling using the ice platform technique are shown in blue: this color outlines sea areas with continuous ice cover and no ice movement in the winter. In the past few years, several artificial

ice platforms have been built off Melville Island, which is due north of Victoria Island, on the 110th meridian of longitude, and off Ellef Ringnes Island, the dagger-shaped island northeast of Melville Island.

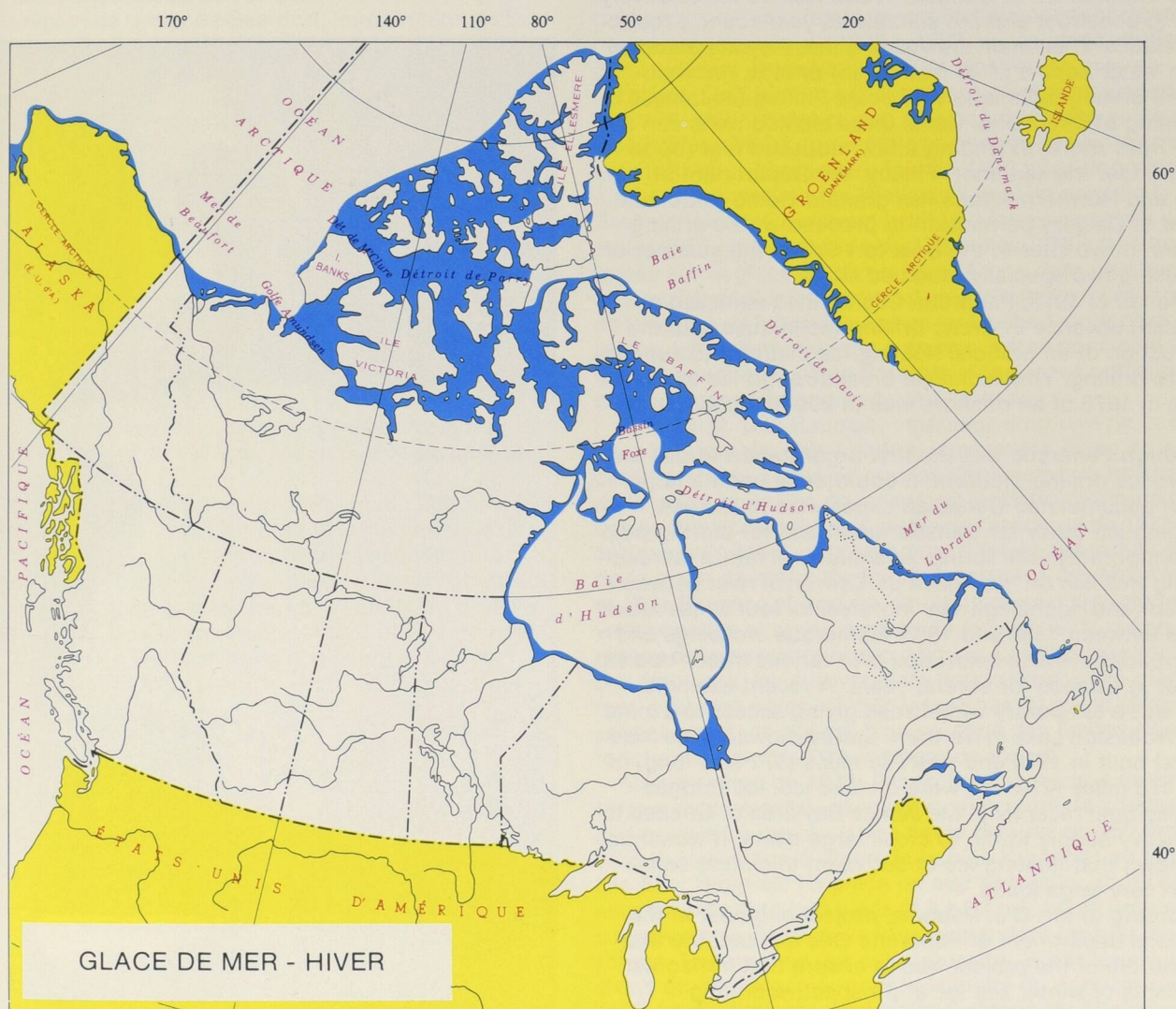
With the progressive depletion of conventional oil and gas reserves in Southern Canada and the recent drastic increases in the international price of petroleum products, petroleum exploration in frontier areas of Canada is currently generating considerable interest. A major gas exploration program is now centered in the Canadian high Arctic, specifically in the Mackenzie River delta region of the Beaufort Sea and in the Arctic islands, such as Melville and Ellef Ringnes Islands.

A number of sites with good gas potential have been identified on the mainland of these islands. Since the gas-bearing formations are thought to extend offshore, a program of offshore drilling is called for to map and measure the size of exploitable reserves. Very large reserves are required to make exploitation of an Arctic gas field economically feasible.

Because of the harshness of the Arctic environment, conventional offshore drilling techniques and equipment are unsuitable. South of the permanent pack ice (map), sea ice is typically six to eight feet (1.8 to 2.4 m) thick, with little or no open water in summer. There is complete dark-

Forage sous-marin dans l'Arctique Une plate-forme de glace

En collaboration avec la Division des recherches en bâtiment du CNRC, la Panarctic Oils Limited et la Foundation of Canada Engineering Corporation, toutes deux de Calgary en Alberta, ont mis au point une nouvelle technique de forage sous-marin dans l'Arctique. Cette remarquable innovation technique a trait à l'utilisation de plates-formes de glace flottante pour supporter les équipements de forage.



Energy, Mines & Resources/Énergie, mines et ressources

En raison de l'épuisement rapide des réserves de pétrole et de gaz naturel dans la partie sud du Canada, et de l'augmentation considérable du prix du pétrole importé au Canada, on s'intéresse de plus en plus à la prospection pétrolière dans l'Arctique canadien. Un important programme de recherche de gaz naturel a été entrepris dans la mer de Beaufort, dans la région du delta du fleuve Mackenzie, et dans les îles de l'Arctique, spécialement les îles Melville et Ellef Ringnes.

On a repéré plusieurs sites avec un bon potentiel gazéifère sur ces deux îles et il semble probable que les formations rocheuses riches en gaz naturel continuent sous le lit de la mer au large des côtes de ces îles. Il faudra donc entreprendre un vaste programme de forage de puits de sondage sous-marins pour délimiter les formations gazéifères et pour évaluer la taille des réserves disponibles, car seule l'exploitation de très vastes champs gazéifères peut être rentable dans l'Arctique.

A cause de l'âpreté de l'environnement dans l'Arctique, il est impossible de recourir aux méthodes et aux équipements de forage sous-marin conventionnels. Au sud de

Zones au large des îles de l'Arctique où la technique des plates-formes de glace artificielle serait avantageuse pour le forage de puits sous-marins. On représente en bleu les régions où la couverture de glace est complète et immobile en hiver. On a construit récemment plusieurs

plates-formes de glace pour le forage de puits sous-marins au large de l'île Melville, juste au nord de l'île Victoria sur le 110^e méridien de longitude, ainsi qu'au large de l'île Ellef Ringnes, l'île en forme de "t" au nord-est de l'île Melville.

ice platform

ness for a period of three months during winter and severe cold prevails for several months of the year.

An offshore drilling technique involving the construction of artificial islands built from dredged material has been tried with some success in the Beaufort Sea by Sun Oil and by Imperial Oil of Canada. These islands are relatively cheap to construct and are suitable as year-round production facilities. Their main drawback is that they are practical only in water depths of 40 feet (12 m) or less. Another offshore drilling technique with some limited usefulness is the drilling of directional wells: these slanted wells can be drilled from shore, extending a few thousand feet (up to 900 m) under the sea floor. Finally, the Department of Indian and Northern Affairs has granted Dome Petroleum Limited of Calgary permission to proceed with a drilling program at two sites in the Beaufort Sea in the summer of 1976, using two specially modified ships.

In the fall of 1973, Panarctic Oils Limited achieved a significant advance in Arctic drilling techniques with the construction of an artificial floating ice platform to support offshore drilling. This technical breakthrough led to the drilling in 1976 of an offshore well in 900 feet (250 m) of water.

Although Panarctic was the first organization to use an offshore ice drilling platform, it could draw upon a large body of accumulated Canadian experience in the use of floating ice cover for transportation and for storing pulp wood temporarily until spring. As a matter of fact, a railroad crossing was laid on the frozen St. Lawrence river between Longueuil and Hochelaga near Montreal for four consecutive winters between 1880 and 1883. Numerous crossings and winter roads have also been used over various frozen bodies of water in Canada for several years. A recent example of this was a temporary winter road giving access to a mine site at Wollaston Lake in Northern Saskatchewan. This road was first built in 1970 and was 230 miles (371 km) long, of which 173 miles (279 km) were on lake ice. Ice bridges were also built recently in the James Bay area of Quebec to allow heavy supply traffic to cross large rivers. It was thus well known that floating ice of sufficient thickness can support very large loads.

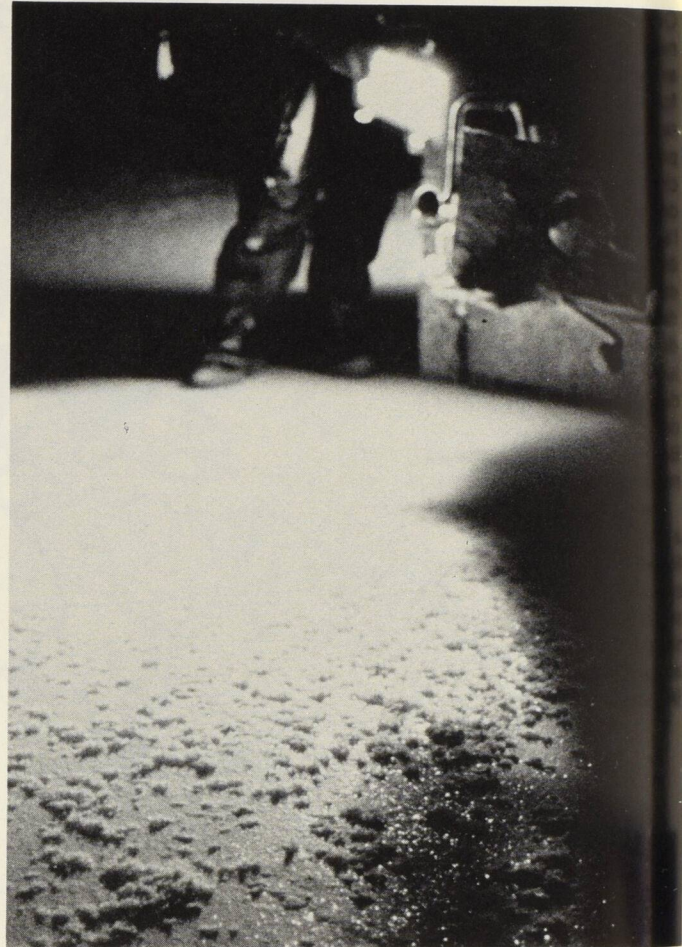
According to Mr. D.J. Baudais, project engineer in the operations department of Panarctic Oils Limited, the first major hurdle of the project was to ensure that horizontal movements of winter sea ice at prospective drilling sites would be within acceptable limits. Starting in the fall of 1971, ice movement studies were conducted at a number of potential offshore drilling sites between Melville Island and Ellef Ringnes Island, using conventional surveying techniques and, starting in January 1975, acoustic location sensors. The data gathered showed that horizontal ice movements on near-shore locations were less than 20 feet (6 m) during the period January to June, well within acceptable limits for drilling equipment.

In the spring of 1973, Panarctic conducted a first field experiment by drilling four test wells with a small 150-ton (135 t) drilling rig placed on the ice of Kristoffer Bay near Ellef Ringnes Island. Natural sea ice, ranging in thickness from 6 to 8 feet (1.8 to 2.4 m) proved entirely adequate to support the 150-ton weight of the rig over the eight-day drilling period. In the light of this successful field test, and after an engineering feasibility study, Panarctic obtained permission from the Department of Indian and Northern Affairs to drill a gas delineation well using a full-scale drilling rig supported by an ice platform.

Explains Mr. Lindsay Franklin, head of the offshore petroleum technology unit of the Department of Indian and Northern Affairs: "The Department is responsible for licensing and monitoring drilling programs in the Canadian

Flooding the ice platform. The pebbled surface of this ice was due to an excessive ice-building rate during flooding tests performed to determine the optimum platform construction rate.

Construction d'une plate-forme de glace. Au cours de tests d'arrosage de la glace, on a constaté qu'un arrosage trop rapide provoque la formation de nodules de glace.



Division of Building Research, NRC/Division des recherches en bâtiment, CNRC

Arctic. It evaluates the technical and environmental implication of each drilling application from companies planning Arctic oil or gas exploration projects and imposes on the operator appropriate restrictions."

Foundation of Canada Engineering Corporation (FENCO), a Canadian-owned company based in Calgary, was retained by Panarctic to design and build a safe drilling platform for the 500-ton (450 t) drilling rig. The well site, designated as W. Hecla N-52, was situated in Hecla and Griper Bay, eight miles (12.8 km) off the Sabine peninsula of Melville Island, 950 miles (1 520 km) from the North Pole and about 120 miles (192 km) west of the Magnetic North pole. Previous drilling on the Sabine peninsula had revealed the presence of a substantial gas field which was expected to extend some distance under the sea floor. Water depth at the site was approximately 440 feet (132 m).

Upon receiving an application from Panarctic Oils Limited for permission to use an artificial floating ice platform for offshore drilling, the Department of Indian and Northern Affairs asked the Division of Building Research of the National Research Council of Canada for advice on the general properties of ice and the load-bearing capability of

plate-forme de glace

la banquise permanente (carte), la glace de mer a normalement de six à huit pieds d'épaisseur (environ deux mètres), et, même en été, la navigation est difficile, voire même impossible. Il fait nuit continuellement pendant trois mois, l'hiver, et l'on est exposé à de très basses températures pendant une bonne partie de l'année.

Dans la région de la mer de Beaufort, les compagnies Sun Oil et Imperial Oil of Canada ont mis au point une technique de forage sous-marin s'appuyant sur l'utilisation d'îles artificielles construites avec des matériaux dragués du fond de la mer. La construction de ces îles artificielles est relativement peu coûteuse et elles offrent l'avantage de pouvoir servir de bases permanentes pour l'exploitation des champs pétrolifères. Leur principal inconvénient vient de ce qu'elles ne sont utilisables que là où la profondeur de l'eau ne dépasse pas 40 pieds (12 m). Une autre méthode de forage sous-marin présente une certaine utilité: il s'agit de forer un puits oblique, à partir du rivage, pour atteindre des formations rocheuses sous-marines à quelques milliers de pieds (jusqu'à 900 m) au large de la côte d'une île. Enfin, la compagnie Dome Petroleum Limited de Calgary a obtenu du Ministère des Affaires indiennes et du Nord la permission de procéder à des forages à deux endroits dans la mer de Beaufort, durant l'été de 1976, au moyen de deux vaisseaux modifiés à cet effet.

À l'automne de 1973, la compagnie Panarctic Oils Limited a effectué une percée importante dans le domaine des forages sous-marins dans l'Arctique en procédant à la construction d'une plate-forme de glace flottante capable de supporter des équipements de forage de puits de prospection sous-marine. Ces travaux ont conduit ultérieurement au forage à l'hiver 1976 d'un puits d'exploration dans 900 pieds d'eau (275 m).

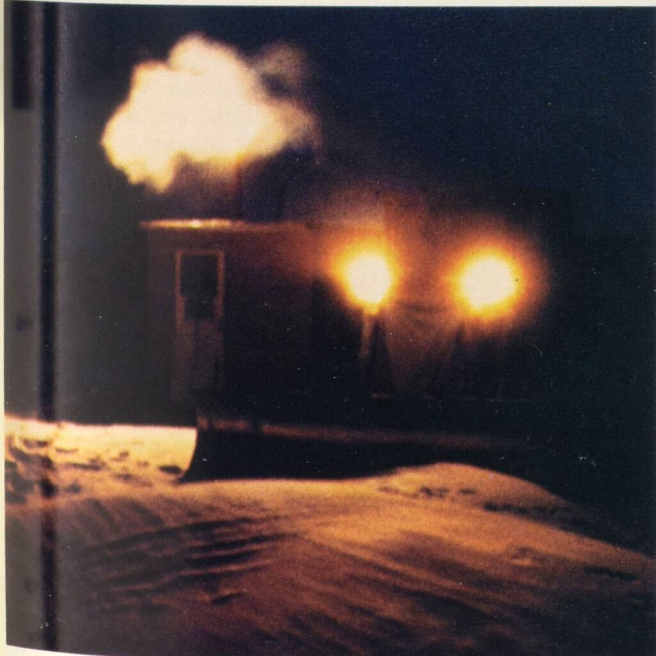
Bien que la compagnie Panarctic ait été la première à forer des puits sous-marins à partir de plates-formes de glace flottante, le Canada disposait déjà d'une vaste expérience dans le domaine de l'utilisation de la glace flottante pour les transports ainsi que pour l'entreposage temporaire du bois de pulpe. Au siècle dernier on fit circuler des trains sur une voie ferrée qu'on installa pendant quatre hivers consécutifs, de 1880 à 1883, sur la glace du fleuve Saint-Laurent entre Longueuil et Hochelaga près de Montréal. On utilise aussi depuis longtemps au Canada des ponts de glace et des routes d'hiver sur les lacs et les cours d'eau gelés. Citons en exemple un chemin d'hiver temporaire construit pour la première fois en 1970 pour donner accès à un gîte minéral au lac Wollaston dans le nord de la Saskatchewan. Ce chemin avait une longueur totale de 230 milles (371 km) dont plus de 173 milles (279 km) furent tracés sur la glace de divers lacs. A une date plus récente, on a construit plusieurs ponts de glace sur des rivières gelées de la région de la baie de James au Québec, pour permettre la circulation de nombreux camions. Il était donc bien établi qu'une couche de glace flottante d'épaisseur suffisante pouvait supporter de très lourds fardeaux.

D'après M. D.J. Baudais, ingénieur de projet de la compagnie Panarctic Oils Limited, la première étape de ce projet a été de s'assurer que les déplacements horizontaux de la glace aux sites de forage resteraient inférieurs à des limites acceptables. À partir de l'automne de 1971, Panarctic a procédé à un programme d'étude des mouvements de la glace de mer à divers sites entre les îles Melville et Ellef Ringnes au moyen de techniques d'arpentage conventionnelles et aussi, à partir de janvier 1975, grâce à un réseau de transducteurs acoustiques. Les données amassées ont établi que les mouvements horizontaux de la glace de mer, près des côtes, ne dépassent pas 20 pieds (6 m) de janvier à juin, ce qui est bien en deçà des limites de fonctionnement de l'équipement de forage.

Au printemps de 1973, Panarctic a procédé à un premier forage expérimental, creusant quatre puits de sondage géologique au moyen d'une petite foreuse de 150 tonnes (135 t) placée sur la glace de la baie Kristoffer au large de l'île Ellef Ringnes. La glace de mer naturelle, dont l'épaisseur varie de six à huit pieds (1,8 à 2,4 m), a suffi amplement à supporter le poids de la foreuse pendant les huit jours de forage. Encouragée par cette réussite, et par les résultats d'une étude d'ingénieur sur la viabilité du concept de plate-forme flottante, Panarctic a obtenu du Ministère des Affaires indiennes et du Nord la permission de forer un puits sous-marin de délimitation de champ gazéifère, au moyen d'une foreuse pleine grandeur placée sur une plate-forme de glace flottante.

Comme l'explique M. Lindsay Franklin, directeur de la section de technologie pétrolière sous-marine du Ministère des Affaires indiennes et du Nord, ce ministère a la responsabilité d'autoriser et de contrôler les programmes de forage dans l'Arctique canadien. Il fait l'évaluation des effets sur l'environnement et des conséquences techniques des projets de prospection visant à découvrir du pétrole ou du gaz naturel dans l'Arctique. Enfin le Ministère peut imposer aux compagnies intéressées à la prospection dans l'Arctique des restrictions ou des conditions dictées par la protection de l'environnement, la sécurité, etc. . .

La Foundation of Canada Engineering Corporation (FENCO), une compagnie entièrement canadienne dont le siège social est à Calgary, a été chargée par Panarctic de concevoir et de construire une plate-forme de glace flottante capable de supporter en toute sécurité la foreuse de 500 tonnes (450 t). Le site du forage, baptisé W. Hecla N-52, était situé dans la baie de Hecla, à huit milles (13 km) au large de la péninsule de Sabine sur l'île Melville. Il



Division of Building Research, NRC/Division des recherches en bâtiment, CNRC

Arctic working conditions include pitch darkness at noon for several weeks in the winter.

La photo ci-dessus, prise à midi en pleine nuit arctique, illustre bien les conditions difficiles dans lesquelles se font les travaux de prospection dans l'Arctique.

ice platform

the ice platform. Researchers at the Division could draw on their expertise in dealing with bearing capacity problems and on research on the strength and mechanical properties of floating ice pursued over the past 20 years. Relying on existing knowledge of ice properties and theoretical calculations, they recommended a program of observation of the properties of the ice platform to ensure its safety. This included measurement of the vertical and horizontal deflection of the platform as well as the ice salinity, strength and temperature. Those properties were monitored continuously during the platform construction and during drilling operations.

FENCO started building the platform in November 1973 on approximately five feet (1.5 m) of low-salinity multi-year sea ice. A light snow cover was cleared using a bulldozer and the ice cover was progressively strengthened by thickening it through flooding and freezing in thin layers. The platform was completed on February 9, 1974. It then had a maximum thickness of 17.5 feet (5.2 m) at the center, gradually tapering to 5 feet (1.5 m) over a 215-foot (64.5 m) radius. The required platform dimensions were determined with the use of elastic stress and deflection formulae to ensure that both short- and long-term stresses and deflections would stay within safe limits. At that time, a 200- (60 m) by 6,000-foot (1 800 m) landing strip was built on the natural sea ice, one mile from the drilling site, to accommodate the Hercules aircraft which moved the drilling rig to the location. An eight-mile (12.8 km) road was also built on sea ice to link the drilling site with the mainland supply depot, using various kinds of vehicles, including ordinary pick-up trucks and large multi-wheel trucks.

Drilling proceeded smoothly for 42 days in March and April 1974, to the desired depth of 3,080 feet (924 m). With the help of a hydraulic tensioning platform between

the drilling rig and the marine riser pipe, the tides in the area, (less than three feet [0.9 m]) had no effect on operations. The performance of the platform was completely satisfactory and confirmed the feasibility of drilling offshore wells in suitable areas of the Arctic from floating ice platforms, using a standard drilling rig.

According to Dr. Bob Frederking, of the Geotechnical Section of the Division of Building Research: "Although ice platform techniques are maturing rapidly, it is still necessary to monitor the performance of these ice platforms to add to our knowledge of their behavior. The characteristics of each offshore site obviously have to be considered carefully; for the ice platform technique to be suitable, it is desirable to have a location with thick multi-year sea ice, with little or no horizontal movement during the two- or three-month drilling season. However, this is the normal situation for most of the sites of interest in the Arctic islands and it is now possible to build large ice platforms of considerable thickness quickly and economically in many offshore areas of the Arctic. Indeed, during the past two years, several more offshore ice drilling platforms have been built by Panarctic as part of the drilling programs aimed at delineating gas fields off Melville Island and Effel Ringness Island."

The Hecla Bay floating ice drilling platform project has been a good example of close and productive cooperation between private enterprise and various government agencies. The pioneer work of Panarctic Oils Limited and the Foundation of Canada Engineering Corporation has led to a remarkable breakthrough in petroleum exploration technology in the high Arctic. This important contribution to Canadian technology should help Canada move closer towards the objective of energy self-sufficiency. □

Michel Brochu

This platform tiltmeter consists of a U-shaped piece of plastic tubing filled with diesel fuel. Its ends were raised and fitted with calibrated glass tubing. The difference between fuel level readings taken at both ends indicates platform tilting behavior.



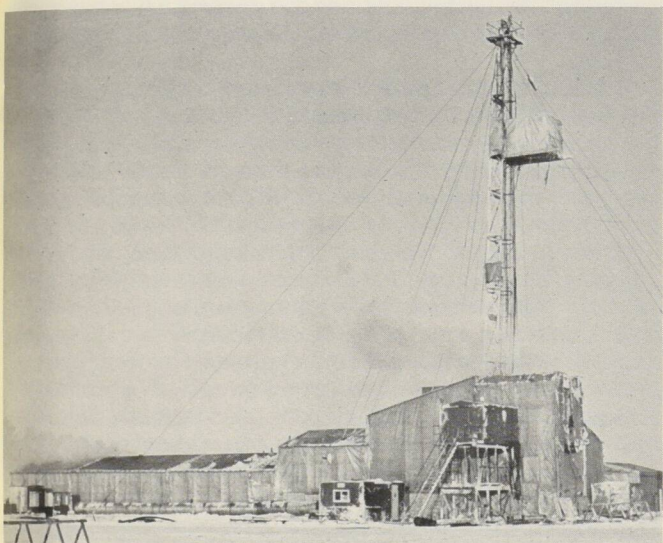
Cet inclinomètre consiste en un tube de plastique en forme de U, rempli de mazout, et dont les deux extrémités, relevées au-dessus de la plate-forme, sont munies de cylindres de verre gradués. Il suffit de lire le niveau de liquide aux deux extrémités du tube pour mesurer l'inclinaison de la plate-forme.

Division of Building Research, NRC/Division des recherches en bâtiment, CNRC

plate-forme de glace

A general view of the drilling rig on the first artificial ice platform built at Hecla Bay, eight miles (12.8 km) off the Sabine peninsula of Melville Island. This picture was taken in the spring of 1974.

Vue d'ensemble de la foreuse dressée sur la première plate-forme de glace artificielle, dans la baie de Hecla, à huit milles (12,8 km) au large de la péninsule de Sabine de l'île Melville. Cette photo a été prise au printemps de 1974.



Division of Building Research, NRC/Division des recherches en bâtiment, CNRC

était à 950 milles (1520 km) du pôle nord géographique et à peu près à 120 milles (192 km) à l'ouest du pôle nord magnétique. La profondeur de l'eau y atteignait 440 pieds (132 m). Des forages effectués sur la péninsule de Sabine avaient déjà démontré la présence d'un riche champ gazéifère et il y avait lieu de croire que ce champ pourrait se prolonger à une certaine distance sous la mer.

Après que Panarctic Oils Limited lui ait demandé la permission de procéder à un forage sous-marin à partir d'une plate-forme de glace artificielle, le Ministère des Affaires indiennes et du Nord s'est adressé à la Division des recherches en bâtiment du Conseil national de recherches du Canada pour obtenir des renseignements sur les propriétés de la glace en général ainsi que sur la validité du concept d'une plate-forme de glace flottante capable de supporter des centaines de tonnes de charge. Les scientifiques de la Division pouvaient s'appuyer sur leur expertise portant sur la capacité portante de la glace flottante et s'inspirer des recherches effectuées depuis plus de 20 ans à la Division sur les propriétés mécaniques de la glace flottante. En se basant sur l'état des connaissances sur les diverses propriétés de la glace et sur des calculs théoriques, ils ont recommandé la mise en oeuvre d'un programme de mesure de plusieurs propriétés de la plate-forme de glace pour en assurer la sécurité. Ces propriétés comprenaient notamment la déflexion horizontale et verticale de la plate-forme ainsi que la teneur en sel de la glace, sa dureté et sa température. Elles ont été mesurées continuellement pendant la construction de la plate-forme et pendant le forage.

En novembre 1973, FENCO a commencé à construire la plate-forme de glace sur une base d'à peu près cinq pieds (1,5 m) de glace de mer vieille de plusieurs années et de faible teneur en sel. On a enlevé la neige qui recouvrait l'aire de la plate-forme et on a augmenté progressivement la

solidité de la glace que l'on a épaissie en l'arrosant à plusieurs reprises de petites quantités d'eau de mer qu'on laissait bien congeler entre chaque arrosage. Les travaux de construction de la plate-forme ont pris fin le 9 février 1974. L'épaisseur de la glace atteignait alors 17,5 pieds (5,2 m) au centre de la plate-forme et décroissait de façon graduelle pour atteindre 5 pieds (1,5 m) à la périphérie. Les dimensions de la plate-forme, d'un rayon de 215 pieds (64,5 m) ont été déterminées à partir des équations de contraintes élastiques et de déformation de la glace de façon à s'assurer que les contraintes et les déformations à court et à long terme répondaient aux normes de sécurité. FENCO a également aménagé sur la glace de mer naturelle une piste d'atterrissage longue de 6000 pieds (1800 m) et large de 200 pieds (60 m) pour permettre à un avion Hercules de transporter la foreuse au site de forage même. On a aussi construit une route longue de huit milles (12,8 km) sur la glace de mer, afin de relier le site de la plate-forme à des magasins de vivres et d'équipements situés sur la terre ferme. Des camions conventionnels de diverses tailles, à roues, pouvaient y circuler sans difficulté.

Les travaux de forage ont pris place en mars et en avril 1974, et ont permis en 42 jours d'atteindre la profondeur de 3080 pieds (924 m), sans incident particulier. Les marées dans cette partie de l'océan arctique étaient d'amplitude assez faible (moins de trois pieds ou 0,9 m) et on a pu faire des forages comme sur la terre ferme, en utilisant une table hydraulique entre la tête du puits et la foreuse. L'utilisation de cette plate-forme de glace s'est avérée très satisfaisante et a confirmé la possibilité du forage de puits sous-marins dans l'Arctique, à partir d'une plate-forme de glace flottante et au moyen d'équipements de forage standards.

Selon le Dr Bob Frederking, membre de la Section de géotechnique de la Division des recherches en bâtiment, bien que les techniques de construction des plates-formes de glace flottante soient de mieux en mieux établies il demeure indispensable de mesurer les propriétés de ces plates-formes pour enrichir nos connaissances dans ce domaine. On sait maintenant construire au large des îles de l'Arctique de grandes plates-formes de glace, capables de supporter de lourdes charges, et ce en quelques semaines et à un coût de revient relativement faible. Naturellement, avant la construction de chaque plate-forme il faut tenir compte des particularités du site de construction. Il vaut mieux construire ces plates-formes à un endroit où la mer est recouverte d'une épaisse couche de glace vieille de plusieurs années, et où les mouvements latéraux de la banquise sont négligeables. Il s'agit là cependant de conditions normales dans la plupart des sites où l'on veut forer des puits sous-marins au large des îles de l'Arctique. Pendant les deux années qui viennent de s'écouler, Panarctic a construit plusieurs autres plates-formes de glace flottante dans le cadre d'un programme visant à délimiter des champs de gaz naturel au large des îles Melville et Ellef Ringnes.

Le projet de plate-forme de glace flottante pour le forage de puits sous-marins au large de l'île Melville est un bon exemple de l'utilité d'une étroite collaboration entre l'entreprise privée et les agences gouvernementales pour la mise en valeur des ressources de l'Arctique canadien. Les travaux de pionnier de la Panarctic Oils Limited et de la Foundation of Canada Engineering Corporation ont permis des progrès remarquables dans les techniques de prospection pétrolière sous-marine dans l'Arctique. Cette importante contribution à la technologie canadienne permettra au Canada d'atteindre une plus grande auto-suffisance énergétique. □

Michel Brochu

Aids for the handicapped - Passport to learning

A portable communication unit, conceived and developed by the Division of Electrical Engineering, is another aid which forms part of the application of technology to the rehabilitation of the handicapped.

A suitcase sits on a crowded laboratory workbench. In appearance, it looks like any other — same size, shape, color. But there the similarity ends, for when it is opened, it holds not the usual paraphernalia of the traveller, but a passport to learning for hundreds of handicapped children.

Conceived and developed by the Division of Electrical Engineering of the National Research Council of Canada, this portable communication unit is designed to promote language and educational development for the non-verbal, severely disabled child.

"Our hope," says Mr. O.Z. Roy, research officer in the Medical Engineering Section of the Division, "is that the unit will help to ease the frustration that these children encounter when they try to communicate with others."

The unit's basic system consists of a visual symbol display, a subject-machine interface and an optional speech synthesizer. Each side of the case contains the visual display, 128 "squares" or addresses, for a total of 256 in all. Each address contains a symbol and the written word representing that symbol. Selection of a particular symbol is indicated by a small red light within the square. These Bliss symbols (called after their Australian inventor) are capable of conveying both subjective or objective life experiences that a child may wish to communicate to someone.

The total capacity of the display can be varied from 32 symbols, during the initial stages of learning, to 512 as a subject's vocabulary and comprehension increases. (The 512 is achieved by dividing each address into two segments and indicating which of the two is desired by either having the light on continuously or blinking.)

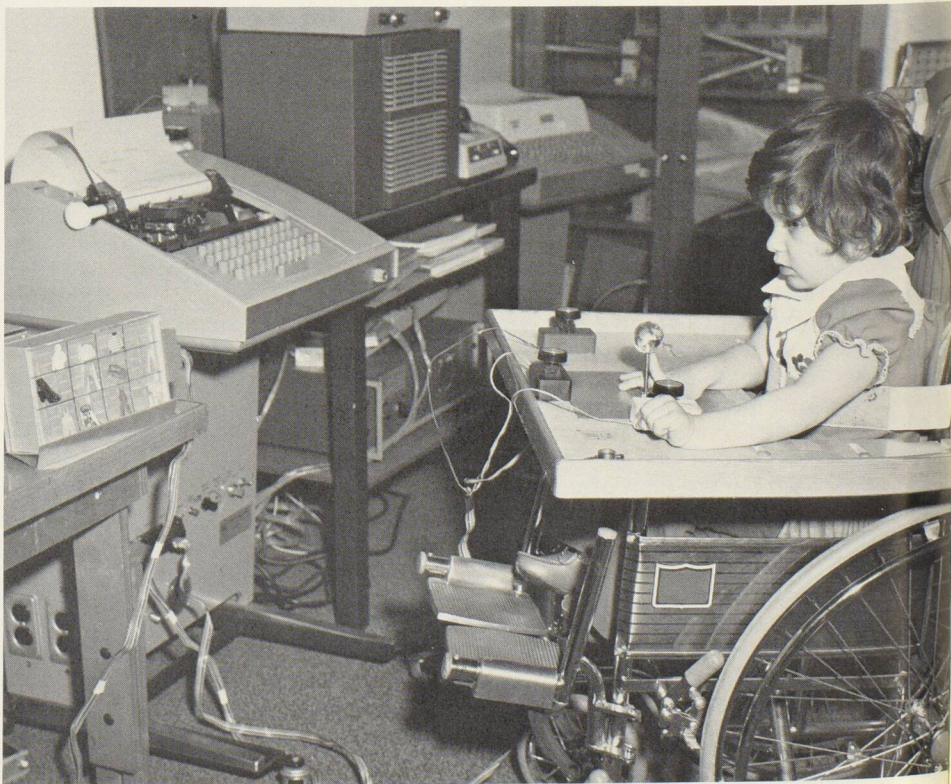
The subject-machine interface allows the child to control the display by means of a single switch or by any number and combination of switches. This flexibility enables the subject to use his or her abilities fully while utilizing the

machine. A variety of interfaces can be used, from a mechanical switch to a light-activated joystick, thus allowing the display to be scanned in an up-down position, from left to right, or diagonally. A subject with a certain amount of dexterity could use the joystick while those with lesser dexterities could use an arrangement of large push buttons.

The display also has a memory which stores sequences of symbols and allows complete idea development. The memory can be read out on the display by selecting an assigned address in the single switch mode or by pressing a separate "memory read" switch. In its most automatic form, a single switch is used to activate the device. A scan pattern has been developed which first scans vertical columns, then horizontal rows and finally writes into the memory. With this method of operation, a time-based error correction feature has been incorporated. If, for example, the subject overshoots a column, by waiting a predetermined length of time, say one to ten seconds, the system automatically resets to "home" (top left) or to the first column first row address. If on the other hand an error is made in selecting a row, then the system resets to either

This preschooler increases her vocabulary through the use of pictures. When the teacher asks her to point out the word shoe, for example, she pushes on the joystick to scan to the picture of the shoe which will then light up. A Votrax system speaks out the word, thus reinforcing it in the child's mind.

Cette enfant d'âge préscolaire augmente son vocabulaire en servant d'images. Lorsque l'instituteur ou l'institutrice lui demande de désigner le mot "shoe" (chaussure), par exemple, l'enfant se sert de cette sorte de manche à balai pour que l'image d'une chaussure devienne lumineuse. Un système Votrax "dit" le mot ce qui renforce le nom dans l'esprit de l'enfant.



Division of Electrical Engineering, NRC/Division de génie électrique, CNRC

L'aide aux handicapés

Passeport pour apprendre

Une unité portative de communication conçue et développée par la Division de génie électrique constitue une autre aide faisant partie de l'application de la technologie à la réhabilitation des handicapés.

Une valise est posée sur une table encombrée d'un laboratoire. D'apparence, elle ressemble aux autres: mêmes dimensions, même forme, même couleur. Mais elle en diffère toutefois car, lorsqu'on l'ouvre, on voit qu'elle ne contient pas les articles habituels du voyageur mais un passeport vers les connaissances pour des centaines d'enfants handicapés.

Conçue et développée par la Division de génie électrique du Conseil national de recherches du Canada, cette unité portative de communication est conçue pour promouvoir le développement linguistique et éducatif des enfants sérieusement handicapés et muets.

"Notre espoir", nous a dit M. O.Z. Roy, chercheur de la section de génie médical à la Division, "est que l'unité diminuera le sentiment de frustration que ces enfants peuvent avoir lorsqu'ils essaient de communiquer avec les autres."

Le système de base de l'unité consiste en un affichage de symboles visuels, une interface sujet-machine et un synthétiseur optionnel de la parole. Une fois la valise ouverte, le fond et l'envers du couvercle contiennent l'affichage visuel, soit deux fois 128 "carrés" ou adresses. Chaque adresse contient un symbole et le mot écrit représentant ce symbole. La sélection d'un symbole particulier est indiquée par une petite lumière rouge dans le carré. Ces symboles "Bliss" (tirés du nom de l'inventeur australien)

peuvent permettre de transmettre des expériences subjectives ou objectives de la vie d'un enfant qui veut parler à quelqu'un.

La capacité totale de l'affichage peut varier de 32 symboles au début de la période durant laquelle l'enfant apprend jusqu'à 512 à mesure que le vocabulaire et la compréhension du sujet augmentent. (Le nombre 512 est obtenu en divisant chaque adresse en deux segments et en indiquant lequel des deux est désiré, soit en faisant clignoter la lumière, soit en l'utilisant en régime continu.)

L'interface sujet-machine permet à l'enfant de contrôler l'affichage sur écran au moyen d'un commutateur unique ou à l'aide d'un certain nombre de commutateurs combinés. Cette souplesse d'emploi permet au sujet d'utiliser ses capacités entièrement tout en se servant de la machine. Une variété d'interfaces peut être utilisée allant du commutateur mécanique au "manche à balai", rappelant celui des avions, et actionné par la lumière ce qui permet de balayer l'écran du haut en bas, de gauche à droite, ou en diagonale. Un sujet ayant une certaine adresse peut utiliser le manche alors que ceux qui n'ont pas les mêmes possibilités peuvent se servir de grands boutons-poussoirs. L'affichage sur l'écran a aussi une mémoire qui stocke les séquences de symboles et permet le développement complet des idées. La mémoire peut être lue à l'affichage en sélectionnant une adresse assignée dans le commutateur unique ou en pressant un commutateur à part portant la mention "lecture de mémoire". Dans sa forme la plus automatique, un commutateur unique est utilisé pour activer le dispositif. Une configuration de balayage a été développée qui opère d'abord un balayage vertical en colonnes, puis en rangées horizontalement et finalement inscrit dans la mémoire. Avec cette méthode d'opération, une correction d'erreur à base de temps a dû être incor-

Checkronics — the first in a projected series of recreational aids for the handicapped — is an electronic checkers game developed specially for those physically incapable of playing the conventional checker game.

Le jeu de dames électronique, le premier d'une série de jeux à l'étude pour les handicapés, a été développé spécialement pour ceux qui ne peuvent pas se servir du jeu de dames ordinaire.



Division of Electrical Engineering, NRC/Division de génie électrique, CNRC

passport to learning

the top of that particular column or to home. Two addresses have been assigned for "memory read" and "memory erase"; upon activation of one or the other, the system reads out automatically or erases the contents of the memory at the designated address. For subjects with greater control, the scanning pattern is unlocked and individual functions such as read, write and erase are added.

Audio reinforcement is utilized during the process of learning the Bliss symbols, providing a multisensory learning experience. When this is desired, the display can be coupled to a computer and a speech synthesizer. The computer and the synthesizer form the speech production subsystem. "At the present time," says Mr. Roy, "a remote computer is used to control the production of speech, but in the near future, it is expected that the computer will be built into the speech synthesizer." The synthesizer is one that is commercially available and produces speech artificially from internal electronic circuits. When a symbol is specified, a digital code which identifies it is sent to the computer. The computer recognizes the code and sends information to the synthesizer to speak out the associated word. The spoken word provides immediate positive reinforcement for the choice of symbol and emphasizes the relationship between the symbol, the concept and the spoken word for the concept. A sequence of symbols can be specified. Upon receiving a precise command from the subject, either activating a special switch or referencing a special display position, the computer will speak out the whole sequence of selected concepts. This allows the subject to formulate whole thoughts or "sentences" by combining symbols as is normally done with words in written or spoken speech.

The unit has been used with both children and adults at the Ottawa Crippled Childrens' Treatment Center and at the Rideau Regional Hospital in Smiths Falls.

"I saw the first child use the original communication system (COMHANDI) we developed in the basement of a school in 1971," says Mr. J.R. Charbonneau of the Medical Engineering Section. "The Center then had no centralized facilities. Now it is celebrating its 25th anniversary in new quarters on Smyth Road. We have been assigned a training laboratory there and a member of their staff acts as coordinator of projects. The Center also acts as liaison and coordinator of projects for the Ottawa Centennial School and the Rideau Regional Hospital. Established by the Bliss Symbolics Foundation as a resource center for Eastern Ontario, the Ottawa Center will disseminate information and instruct other centers in the use of Bliss symbology."

The Medical Engineering Section is working in close collaboration with the Information Science Section of the Division, which has been involved in a speech synthesis project for some time. The artificial production of speech by computers has been studied for its possible applications in the field of education.

"Although this artificial speech has a noticeable accent," says Mr. J. Cossalter of the Information Science Section, "it contains the natural stress, intonation and rhythm patterns of human speech, and people quickly adapt to its particular machine accent and soon find it easy to understand."

A software system has been developed which translates written text directly into speech. Text can be read from a computer resident file or typed in from the terminal; the system automatically translates the text into its phonetic representation and then speaks it out. Translation into speech is achieved by applying about 200 pronunciation rules to letter combinations found in the text.

"The text-to-speech system," points out Mr. Cossalter,

"could be further developed and integrated into a reading machine for the blind." The display and synthesizer are also being used to teach the alphabet, numbers, basic arithmetic and phonetics to severely-handicapped preschool children. The devices provide non-verbal children with a "voice", allowing them to answer questions in the classroom and, in addition, serve as a means by which the teacher can determine whether the child understands.

As well as being a further step forward in the Council's project to develop and evaluate computer-aided learning systems, these aids to communication form part of the application of technology to the rehabilitation of the handicapped, giving them the opportunity to live more productive lives — another example of how science is serving the citizen. □

Joan Powers Rickerd



Division of Electrical Engineering, NRC/Division de génie électrique, CNRC

This child is able to point to the symbol he wants, whereas children who are more involved require an electronic system of pointing.

Cet enfant peut désigner du doigt le symbole qu'il veut mais d'autres enfants plus handicapés ont besoin d'un système électronique pour faire la même chose.

porée dans le système. Si, par exemple, le sujet saute une colonne, en attendant pendant une durée prédéterminée, de une à dix secondes, le système revient automatiquement au "départ" (en haut à gauche) ou à la première colonne, première rangée. Si, d'un autre côté, l'enfant se trompe en choisissant une rangée, le système se remet alors au zéro, ou au départ, soit en haut de cette colonne particulière, soit au point de départ. Deux adresses ont été assignées pour la "lecture de mémoire" et pour "effacer la mémoire"; en agissant sur l'une ou l'autre de ces adresses, le système lit automatiquement ou efface le contenu de la mémoire à l'adresse indiquée. Pour des sujets ayant un plus grand contrôle, la configuration de balayage est déverrouillée et les fonctions individuelles comme la lecture, l'écriture et l'effacement sont ajoutées.

Le renforcement auditif est utilisé durant le processus consistant à apprendre les symboles "Bliss" ce qui donne une expérience pédagogique multisensorielle. Lorsqu'on le souhaite, l'affichage peut être couplé à un ordinateur et à un synthétiseur de la parole. L'ordinateur et le synthétiseur constituent le sous-système de production de la parole. M. Roy nous a dit: "Actuellement, un ordinateur éloigné est utilisé pour contrôler la production de la parole mais, prochainement, on s'attend à ce que l'ordinateur soit incorporé au synthétiseur de la parole." Le synthétiseur est du type commercial et il produit artificiellement la parole à l'aide de circuits électroniques internes. Lorsqu'un symbole est spécifié, un signal numérique qui l'identifie est envoyé à l'ordinateur. L'ordinateur le reconnaît et envoie l'information au synthétiseur pour qu'il "parle" les mots associés. Le mot parlé donne un renforcement positif immédiat pour le choix des symboles et met l'accent sur la

relation entre le symbole, le concept et le mot parlé pour le concept. Une séquence de symboles peut être spécifiée; en recevant un ordre précis du sujet, soit qu'il se serve d'un commutateur spécial ou qu'il se réfère à une position d'affichage spéciale, l'ordinateur "parlera" la séquence entière des concepts donnés. Ainsi le sujet pourra formuler des pensées entières ou des "phrases" en combinant les symboles comme nous le faisons normalement avec des mots dans ce que nous disons ou ce que nous écrivons. L'unité a été utilisée par des enfants et par des adultes au Centre de traitement des enfants handicapés à Ottawa et à l'hôpital de Smiths Falls.

M. J.R. Charbonneau de la section de génie médical nous a dit: "J'ai vu le premier enfant utiliser le premier système de communication (COMHANDI) que nous avons développé, dans le sous-sol d'une école, en 1971. Le Centre n'avait pas alors d'installation centralisée. Maintenant, il célèbre son 25ième anniversaire dans de nouveaux locaux, rue Smith. On nous a donné un laboratoire de formation à cette adresse et un membre du personnel du Centre agit comme coordonnateur des projets. Le Centre sert également à la liaison et à la coordination des projets pour la Ottawa Centennial School et l'Hôpital régional Rideau. Établi par la Bliss Symbolics Foundation comme centre de ressources pour l'est de l'Ontario, le Centre d'Ottawa permettra la diffusion de l'information et de l'instruction dans d'autres centres en ce qui concerne la symbologie de Bliss."

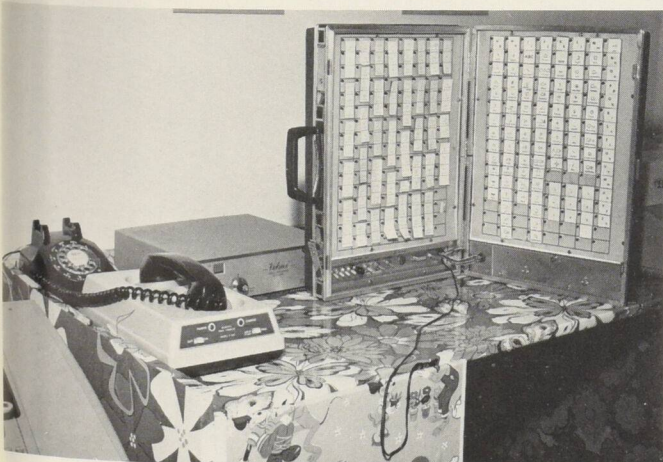
La section de génie médical travaille en collaboration étroite avec la section d'informatique de la Division, qui a été impliquée dans la synthèse de la parole pendant un certain temps. La production artificielle de la parole à l'aide d'ordinateurs a été étudiée en vue de ses applications éventuelles dans le domaine de l'éducation.

M. J. Cossalter, de la section d'informatique, nous a dit: "Quoique cette parole artificielle présente un accent notable, elle comporte toutefois l'intonation naturelle et la configuration rythmique de la parole humaine et les gens s'adaptent très vite à l'accent de cette machine particulière qu'ils comprennent facilement en fort peu de temps."

Des programmes ont été développés pour traduire les textes écrits directement en paroles. Le texte peut être lu sur un dossier dans la mémoire de l'ordinateur ou dactylographié sur un terminal à distance. Le système traduit automatiquement le texte en une représentation phonétique, puis en paroles. La traduction en paroles est obtenue en appliquant environ 200 règles de prononciation aux combinaisons de lettres trouvées dans le texte. M. Cossalter nous a fait remarquer: "Le système permettant de passer du texte à la parole peut être encore développé et intégré à une machine pouvant lire des textes aux aveugles." L'affichage et le synthétiseur sont alors utilisés pour enseigner l'alphabet, les nombres, les principes élémentaires de l'arithmétique et la phonétique à des enfants d'âge préscolaire sérieusement handicapés. Les dispositifs donnent aux enfants muets, ou plus exactement à ceux qui sont capables d'émettre des sons sans toutefois pouvoir parler, la possibilité de formuler des réponses à des questions posées en classe et, de plus, ils servent de moyen grâce auquel l'instituteur ou l'institutrice peuvent déterminer si l'enfant a bien compris.

Tout en étant un autre pas en avant pour développer et évaluer les systèmes pédagogiques basés sur l'utilisation d'ordinateurs, ces équipements facilitant les communications font partie des applications de la technologie à la réhabilitation des handicapés ce qui donne à ces derniers l'occasion d'avoir une vie plus productive. C'est donc un autre exemple de ce que la science peut faire pour servir les citoyens. □

Texte français: Louis-Georges Desternes



Division of Electrical Engineering, NRC/Division de génie électrique, CNRC

The portable communication unit conceived and developed by NRC's Division of Electrical Engineering. The symbols are capable of conveying both subjective and objective life experiences which the child may wish to communicate to others.

L'unité de communication portable conçue et développée par la Division de génie électrique du CNRC. Les symboles permettent à l'enfant de transmettre ses expériences subjectives et objectives.

Teleoperator for space shuttle - The space connection

Canada stands to reap considerable industrial benefits from its investment in a unique area of high technology — the design and development of a remote manipulator system, a 50-foot (15 m) long mechanical arm, as part of NASA's space shuttle program.

One of the major roles of the National Research Council of Canada, as stated in the 1974-1975 Report of the President, is to "complement and assist research in industry and . . . encourage and assist, where feasible, R & D projects to be carried out in industry." This quotation helps place in context one major NRC project in which the Council is acting as a coordinating and management agency rather than actively carrying out work in its own laboratories. The project is the design and development of the remote manipulator system (or "teleoperator") for the United States' re-usable Space Shuttle orbiter vehicle.

The concept for the U.S. Space Transportation System of which the Space Shuttle is a part dates back to shortly after the first moon landing when the National Aeronautics and Space Administration (NASA) began to direct its attention towards a post-Apollo manned space flight program which would offer maximum benefit to the world's scientific community, facilitate international cooperation and provide space flight opportunities to researchers who would not have to be trained astronauts. The resulting system dispenses with the massive Saturn launch vehicle, using instead a craft, the Orbiter, a wide-bodied delta-winged aircraft about the size of a DC-9 which, with the assistance of two solid-fuel recoverable booster rockets and a disposable fuel tank, is launched into earth orbit carrying up to 65,000 lb (29 500 kg) of payload. After completing its missions (usually within a seven-day period, although the Orbiter could remain in orbit for up to 30 days if required), it re-enters the earth's atmosphere and can be flown down to a conventional landing.

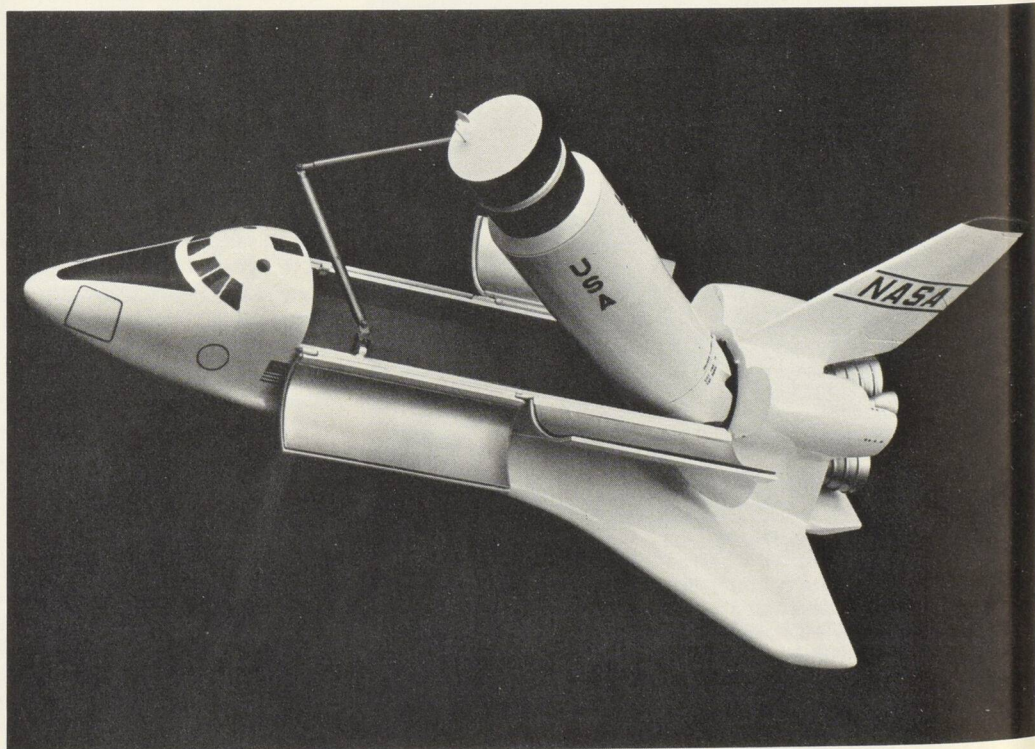
The large cargo-carrying capacity of the Orbiter is of particular significance since it permits the carrying into orbit of manned space laboratories and it is estimated by NASA that more than a third of the missions contemplated

will be for this purpose. Use of the Orbiter for positioning automated satellites in orbit will result in a considerable increase in satellite reliability — the Orbiter will carry an unmanned satellite to the required altitude and, before the satellite is committed to space, it can be thoroughly checked; if there appear to be malfunctions which cannot be corrected on-board then the satellite can be returned to earth for repair. A study of 131 satellite failures, made by Lockheed on behalf of NASA in 1974, revealed that 78 were related to launch problems and 53 to spacecraft anomalies — had this system been available many of these failures could have been avoided. In addition, the cargo-carrying capacity of the Orbiter means that satellite designers will not have to operate under the severe weight constraints normally imposed by conventional launch vehicles, so comparatively inexpensive materials and standard laboratory equipment can replace expensive materials and highly miniaturized components.

With the formulation of the United States Space Transportation System concept, the Administrator of NASA visited Europe and Canada and other interested countries to inform the appropriate national research agencies of the post-Apollo program and to encourage their participation in it. Canadian representatives spent considerable time in discussions with NASA representatives in order to identify possible Canadian contributions to the program and to determine the form of any Canadian participation. An agreement reached between NASA and the European Space Agency (ESA — formerly the European Space Research Organization) for the latter organization's development of the manned space laboratory (Spacelab) suggested a pattern that the Canada-U.S. agreement could follow. In the ESA-NASA agreement, ESA assumed responsibility for the design, development, qualification and provision of a

Development of remote handling technology could in the long term have significant implications for "spaceship earth". A scale model of the Orbiter using the remote manipulator to offload a cargo.

A long terme, le développement d'une technologie des télémanipulations pourrait avoir des applications importantes à bord du "vaisseau spatial Terre". Maquette de l'Orbiter en configuration de déchargement d'une charge utile à l'aide du télémanipulateur.

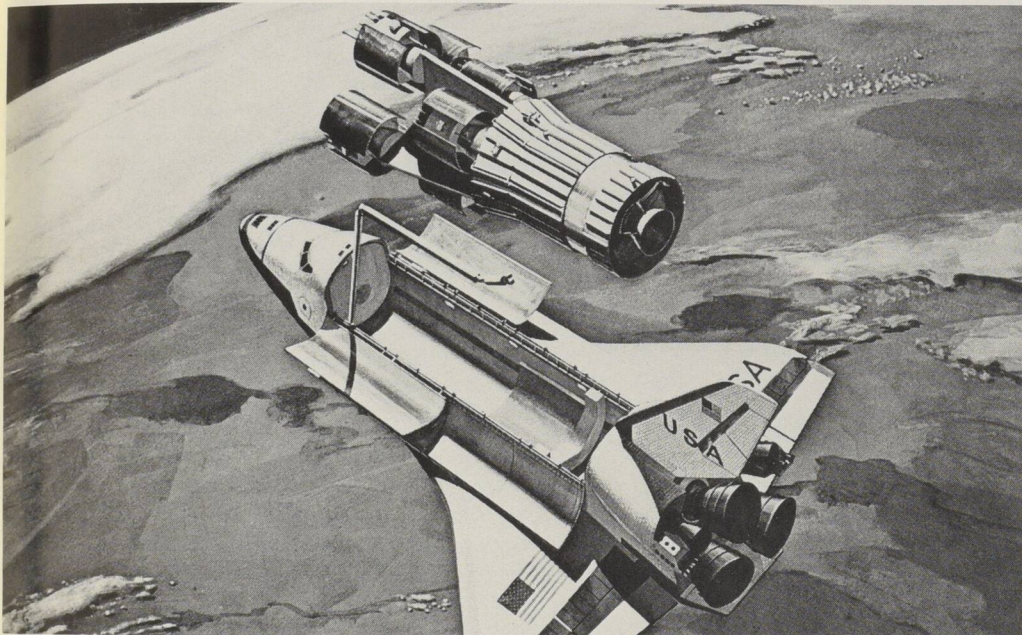


NASA

Le télémanipulateur pour la navette spatiale

La connexion spatiale

Le Canada doit, en principe, retirer des avantages industriels considérables de son investissement dans un domaine unique de la technologie de pointe: la conception et le développement d'un télémanipulateur de 50 pieds (15 m) de long dans le cadre du programme de la navette spatiale de la NASA.



Rockwell International

Grâce à la navette spatiale il sera possible de se servir de nombreux satellites à missions variées et à un coût modéré. Les satellites artificiels de la Terre peuvent fournir des données très importantes dans de nombreux domaines des activités humaines.

Availability of the space shuttle system will make possible the employment of a wide variety and number of satellites at a moderate cost. Earth satellites can provide data of profound significance to a whole range of human endeavors.

L'un des principaux rôles du Conseil national de recherches du Canada, selon le Rapport du Président pour l'année 1974-1975, est de "compléter et aider la recherche industrielle et d'encourager et d'aider l'industrie à faire des recherches et du développement chaque fois que c'est possible". Cet extrait permet de placer dans son contexte un projet majeur du CNRC dans lequel le Conseil agit comme agence de coordination et de direction plutôt que comme organisme exécutant le travail dans ses propres laboratoires. Le projet consiste à étudier et à développer le télémanipulateur de la navette spatiale américaine, orbitale et réutilisable.

Le concept du système de transport spatial américain dont la navette est une composante remonte à l'époque qui a suivi le débarquement des astronautes sur la Lune lorsque la National Aeronautics and Space Administration (NASA) a commencé à s'intéresser à un programme de vol spatial à véhicules habités post-Apollo qui offrirait le maximum d'avantages à la communauté scientifique internationale, faciliterait la coopération internationale et permettrait aux chercheurs de participer à des vols spatiaux sans avoir à suivre l'entraînement des astronautes. Le système évite de se servir de l'énorme fusée Saturne pour le lancement; il utilise au contraire un véhicule, l'Orbiter, de la taille d'un aéronef à large fuselage et à ailes en delta tel que le DC-9 et qui, avec l'aide de deux fusées d'accélération récupérables à propergols solides et d'un réservoir de combustible non réutilisable, est lancé en orbite autour de la Terre avec une charge utile de 65 000 livres (29 500 kg). Après avoir terminé sa mission (ne devant pas durer plus de sept jours habituellement, quoique l'Orbiter puisse rester en orbite jusqu'à 30 jours si c'est nécessaire), le véhicule retombe dans l'atmosphère et peut atterrir comme un avion.

La grande charge utile de l'Orbiter est d'importance particulière puisqu'elle permet de placer en orbite des laboratoires habités et l'on estime à la NASA que plus d'un tiers des missions envisagées seraient faites dans ce but.

L'utilisation de l'Orbiter pour placer en orbite des satellites automatiques permettra d'augmenter de beaucoup la sécurité de fonctionnement des satellites; l'Orbiter transportera un satellite automatique à l'altitude requise et, avant que ce satellite n'entre en exploitation, il sera possible de le vérifier dans le détail; si l'on trouve des pannes et que l'on ne puisse réparer sur place, le satellite pourra être ramené à terre pour faire les réparations. Une étude par la compagnie Lockheed pour la NASA en 1974, a montré que 78 d'entre elles ont eu leur origine dans les lancements, que 53 pouvaient être attribuées à des anomalies du satellite et que, si l'on avait pu procéder aux réparations sur place, on aurait évité ces échecs. De plus, le fait que la charge utile de l'Orbiter est élevée signifie que les ingénieurs n'auront pas à respecter des limites de poids aussi sévères que celles qui sont normalement imposées par les véhicules de lancement traditionnels de sorte que des matériaux relativement moins coûteux et un équipement standard de laboratoire pourront remplacer les matériaux coûteux et les composantes miniaturisées à l'extrême.

Ayant défini le concept du système de transport spatial américain, l'administrateur de la NASA est allé en visite en Europe, au Canada et aussi dans d'autres pays intéressés, pour informer les organismes nationaux de recherche du programme post-Apollo et pour encourager ces pays à participer au programme. Les représentants canadiens ont beaucoup discuté avec les représentants de la NASA afin de déterminer les contributions canadiennes possibles et la forme de cette participation. Un accord entre la NASA et l'Agence spatiale européenne (ESA, anciennement l'Organisation européenne de recherches spatiales), pour le développement du laboratoire spatial habité (Spacelab) de cet organisme, offrait un modèle que pouvait suivre l'entente entre le Canada et les États-Unis. Dans l'accord entre la NASA et l'ESA, cette dernière assurait la responsabilité de la conception, du développement, de la qualification et de la production d'une première unité de vol, tout

first flight unit, together with participation in evaluating its performance, after which NASA would purchase additional flight units to fulfil its requirements. Research and development costs would be borne by the agency's member countries and not passed on to NASA.

With this in mind, a group of Canadian aerospace companies, led by Spar Aerospace Products Ltd. examined the shuttle project to identify some self-contained element of the system which would be appropriate in scale and cost for Canada to undertake, and at the same time would provide the Canadian aerospace industry with the specialized expertise which could usefully be applied in other areas of related high technology. It was determined that the most suitable area for Canadian involvement would be that of the development of the Remote Manipulator System (RMS) — a 50-foot (15 m) articulated arm used for the deployment and retrieval of Orbiter cargoes in orbit. Industry then took the initiative by proposing to Canada's central coordinating body for space research, the Interdepartmental Committee on Space, that Canada undertake development of the remote manipulator system including its associated control and display sub systems. The Committee supported the proposal, as did the NRC's National Aeronautical Establishment. Although the system was to be designed for use in a zero "g" environment and could not be directly adopted to one "g" applications, the project would provide a strong technological base in Canada on which to build for future development of sophisticated manipulators, a specific area of high technology.

In early 1974, Mme Jeanne Sauvé, then Minister of State for Science and Technology, announced a new Canadian Space Policy which contained specific reference to the possibility of NRC acting as the sole agency in reaching an agreement with NASA for the possible development by

Canadian industry of a remote manipulator system. As a result, NRC entered into negotiations with NASA which were concluded in July 1975 with the signing of a Memorandum of Understanding between the two parties. Under this agreement, NRC has full responsibilities, including funding, for the design, development and manufacture of the first flight unit of the RMS. NRC will also provide for the procurement by NASA of additional units to meet U.S. program requirements. With the signing of the Memorandum, it was possible for realistic estimates of the cost of the program to Canada to be made, and these estimates received final approval from the Treasury Board on 24 October, 1975.

The remote manipulator project is administered by the National Research Council's National Aeronautical Establishment whose Director acts as program director at the head of an NRC project management staff which maintains contact with NASA through a Joint Review Board linking NRC headquarters with NASA headquarters, and the Johnson Space Center in Texas and, through NASA with representatives from the companies involved. Within Canada, the program is kept under review by the Interdepartmental RMS Review Board comprising senior officers from the Department of Industry, Trade and Commerce, the Ministry of State for Science and Technology (MOSST), the Department of Communications, the Department of Supply and Services and Treasury Board as well as from NRC.

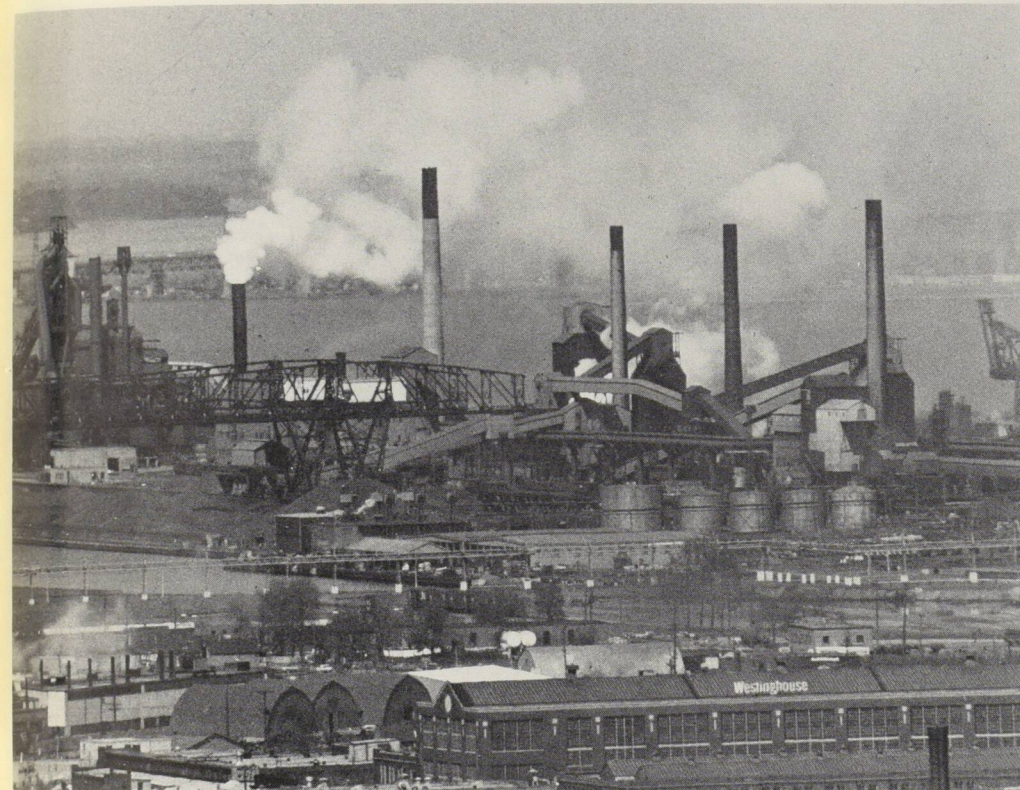
The Canadian industrial team comprises Spar Aerospace Products Ltd., Dilworth, Secord, Meagher and Associates Ltd., RCA Limited, and CAE Electronics Ltd. with Spar as the prime contractor. The project is no mean challenge — the RMS is a complex technological system and requires extensive development if it is to fulfil the requirements.

Conservation of forest resources, especially those in remote areas, is a potential application of earth satellites. Satellite-borne sensors could detect forest fires, tree diseases and pest infestation as well as providing accurate inventories of timber resources.



Canadian Government Photo Centre/Centre de photographie du gouvernement canadien

La conservation des ressources forestières, surtout dans les régions éloignées, constitue une application potentielle des satellites artificiels. Les capteurs à bord des satellites peuvent détecter les feux de forêt, les maladies et les parasites des arbres tout en permettant d'évaluer avec précision les richesses en grumes.



Canadian Government Photo Centre/Centre de photographie du gouvernement canadien

Grâce aux satellites il est possible de suivre l'évolution de la pollution de l'air et d'en déterminer la cause. Un satellite peut, avec une seule photographie, couvrir une superficie qui nécessiterait un millier de photographies prises à haute altitude par un avion. Ce qui nécessiterait plusieurs années d'étude à l'aide de photographies prises par des aéronefs peut être déterminé en quelques jours à l'aide d'un satellite.

Air pollution can be monitored, tracked, and its source identified, from earth orbiting satellites. A pollution mapping satellite can in one photograph, cover an area that would require one thousand photographs from a high-altitude aircraft. What would take years to monitor by air can be monitored from space in a few days.

en participant à l'évaluation des performances après quoi la NASA achèterait des unités de vol supplémentaires. Les coûts de la recherche et du développement seraient couverts par les pays membres de l'Agence et non pas par la NASA.

Avec ces faits en tête, un groupe de compagnies aérospatiales canadiennes, dirigé par la compagnie Spar Aerospace Products Ltd., a examiné le projet de la navette afin de définir des éléments formant un tout adapté aux possibilités canadiennes sur les plans technique et financier tout en donnant l'occasion à l'industrie aérospatiale canadienne d'acquiescer une expertise spécialisée éventuellement applicable à d'autres domaines de la technologie avancée de ce type. On a trouvé que le domaine le plus approprié pour le Canada serait de développer le télémanipulateur (TM) de 50 pieds (15 m), sorte de bras articulé utilisé pour placer en orbite des charges utiles de l'Orbiter ou pour les reprendre. L'industrie a alors pris l'initiative de proposer à l'organisme de coordination central canadien de la recherche spatiale, le Comité interministériel d'études spatiales, que le Canada entreprenne le développement du télémanipulateur en incluant les commandes associées et les sous-systèmes d'affichage. Le comité a appuyé la proposition comme l'a fait également l'Établissement aéronautique national du CNRC. Quoique le système doive être conçu pour travailler en apesanteur, c'est-à-dire dans un champ gravitationnel nul, le projet doit conduire à l'acquisition au Canada d'une base technologique solide pouvant être exploitée pour des développements futurs de télémanipulateurs complexes, domaine spécifique de la technologie avancée.

Au début de 1974, Mme Jeanne Sauvé, alors ministre d'État aux sciences et à la technologie, a annoncé une nouvelle politique spatiale canadienne contenant une référence spécifique à la possibilité que le CNRC agisse comme agence unique pour arriver à un accord avec la NASA en vue du développement éventuel d'un télémanipulateur par l'industrie canadienne. De ce fait, le CNRC est entré en négociation avec la NASA et cette négociation a pris fin en

juillet 1975 lorsque les deux parties ont signé un Protocole d'accord. Dans le cadre de cet accord, le CNRC assure l'entière responsabilité, dont le financement, de la conception, du développement et de la construction de la première unité de vol du TM. Le CNRC doit aussi organiser la fourniture pour la NASA d'unités supplémentaires suivant les besoins du programme américain. Suite à la signature de ce Protocole d'accord, il est devenu possible de faire des estimations réalistes du coût du programme pour le Canada et ces estimations ont été finalement approuvées par le Conseil du Trésor le 24 octobre 1975.

Le projet du télémanipulateur est administré par l'Établissement aéronautique national du Conseil national de recherches dont le directeur agit comme directeur du programme à la tête du personnel du CNRC qui gère le projet. Ce personnel entretient des contacts avec la NASA par l'intermédiaire du Comité mixte d'étude assurant la liaison entre le quartier général du CNRC et celui de la NASA et le Johnson Space Center au Texas et, par l'intermédiaire de la NASA, avec les représentants des compagnies impliquées. A l'intérieur du Canada, le programme est passé en revue par le Comité interministériel pour l'étude du télémanipulateur, comprenant de hauts fonctionnaires du Ministère de l'industrie et du commerce, du Ministère d'État aux sciences et à la technologie (MEST), du Ministère des communications, du Ministère des approvisionnements et des services et du Conseil du Trésor aussi bien que du CNRC.

L'équipe industrielle canadienne comprend la Dilworth, Secord, Meagher and Associates Ltd., la RCA Limitée, la CAE Electronics Ltd., et la Spar Aerospace Products Ltd., qui est le premier contractant. Le projet n'est pas une petite affaire car le TM est un système technologique complexe qui nécessite un développement poussé s'il doit satisfaire aux conditions imposées. Le télémanipulateur ressemble à un bras humain complet avec son "épaule", son "coudre" et son "poignet", et aussi l'équivalent de "doigts" pour saisir. Il a sept degrés de liberté et il doit être

teleoperator

The manipulator is an anthropomorphic arm, complete with "shoulder", "elbow" and "wrist" joints and the equivalent of "fingers" for gripping. With seven degrees of freedom, the arm will be more flexible than its human counterpart. It must be able to handle objects in outer space of up to 65,000 lb (29 500 kg) mass and up to 60 ft (18 m) in length and 15 ft (4.5 m) in diameter. The arm must be able to operate in the hostile environment of outer space — zero pressure, wide temperature extremes and significant radiation levels — and withstand the stresses imposed during the launch and return of the Orbiter. The flexibility of the arm as well as the speed and accuracy of operation required means that computer augmented control is a necessity. This requires the development of computer software for the overall control system. In addition, the whole system must be extremely reliable and so designed that if failures do take place, they must not be such that the safety of the shuttle or crew are compromised.

All this amounts to a stringent set of requirements compounded by the fact that in the design of the manipulator the team is operating under very severe weight constraints — for very obvious reasons — each pound weight of manipulator meaning one pound less of payload. Also, the manipulator will only be called upon to operate in zero-gravity conditions. Therefore, the arm will not be operable under earth's gravity (to build it strong enough to do so would be wasteful) so the final test of the hardware will be on an actual shuttle mission. Many earth-bound tests of the manipulator system will be carried out with the aid of a mathematical model of the manipulator arm and its control system using a simulation facility to be developed as part of the overall RMS project.

The NRC-funded simulation facility is being designed to meet two major objectives: to provide a design and test

facility specifically for the space shuttle RMS and to provide a multi-purpose simulation capability for the development of remote manipulator systems for more general applications. The simulation facility will comprise three principal items: an Operator Section, housing the operator who controls the mathematically simulated manipulator and observes the arm's behavior on monitor screens which present computer-generated images of the arm and its background; a Computer Section, where the mathematical model of the arm responds to the signals from the manual controller, predicts the response of the arm, and sends this information to the third section, the Scene Generation System, where the mathematical output from the model is converted into a series of television images.

Since the only portions of the facility specific to the space shuttle RMS are the "software" sections, that is the mathematical model of the manipulator arm, the facility can be used for simulating a range of different manipulator systems.

The sophisticated computer models used in the simulation facility will require intensive development work in the area of analytic techniques. The position of the manipulator's hand at any instant will be a function of the angles through which its three articulated members move. From the shoulder joint, the "upper arm" of the manipulator can move in two planes (with two degrees of freedom), from the elbow joint the "forearm" has a single degree of freedom, and the wrist joint provides three degrees of freedom, the seventh degree of freedom being the gripping action of the "end effector" or fingers. The movements in all these planes must be integrated by the mathematical model in order to determine the location of the manipulator's hand. Some idea of the complexity of this task can be gained by trying to visualize the path one's fingertips might follow

Satellite-mounted sensors can provide information on crops, including identifying diseased or insect-infested areas and help agricultural specialists predict food availability on a worldwide basis.

Des capteurs à bord de satellites peuvent renseigner sur les récoltes et permettre d'identifier les maladies ou les parasites de sorte que les satellites fournissent une aide précieuse aux agronomes pour prévoir les quantités de produits alimentaires disponibles dans le monde entier.



Canadian Government Photo Centre/Centre de photographie du gouvernement canadien



Canadian Government Photo Centre/Centre de photographie du gouvernement canadien

Grâce aux photographies prises à l'aide du laboratoire spatial de la NASA on a pu identifier déjà de grands filons de minerais. Des satellites perfectionnés et placés en orbite à l'aide de la navette devraient permettre, pense-t-on, de faire des découvertes importantes en matière de gisements.

Potentially large mineral deposits have already been identified as a result of NASA's Skylab photographs. Advanced satellites placed in orbit by the Space Shuttle are expected to make many more valuable mineral discoveries.

plus souple que le bras humain. Il doit pouvoir permettre de manipuler dans l'espace interplanétaire des objets atteignant 65 000 livres (29 500 kg) et pouvant atteindre 60 pieds (18 m) de longueur et 15 pieds (4,5 m) de diamètre. Le bras doit pouvoir fonctionner dans l'environnement hostile de l'espace interplanétaire, soit en l'absence de pression atmosphérique, et en présence de variations énormes de la température et de niveaux de radiations importants; il doit aussi résister aux forces subies durant le lancement et l'atterrissage de l'Orbiter. La souplesse du bras, sa vitesse et sa précision exigent que l'on utilise des commandes à signaux assistés par ordinateur. Il faut donc développer des programmes pour le système de contrôle global. De plus, le système entier doit être extrêmement sûr et conçu de telle manière que s'il tombe en panne, la sécurité de la navette et de son équipage ne doit pas être mise en cause.

Tout cela représente un ensemble de contraintes sévères qui se combinent au fait que les concepteurs du télémanipulateur ne doivent jamais, pour des raisons évidentes, perdre de vue les étroites limites de poids imposées, puisque chaque livre supplémentaire du manipulateur signifie une livre de moins de charge utile. Le manipulateur signifiera un livre de moins de charge utile. En conséquence, ce n'aura à fonctionner qu'en apesanteur. Le bras ne pourra pas fonctionner dans le champ gravitationnel terrestre car ce serait le rendre inutilement lourd que de le faire suffisamment robuste pour cela. Les derniers essais de l'appareil ne pourront donc se faire que lors d'une mission de la navette. De nombreux essais exécutés au sol du bras et de son système de commande se feront à l'aide d'un modèle mathématique en se servant d'un simulateur qui doit être développé dans le cadre du projet global du télémanipulateur. Ce simulateur, financé par le CNRC, est en cours d'étude pour permettre d'atteindre deux objectifs principaux: fournir une installation spéciale d'étude et d'essais et fournir un simulateur à fins multiples servant à développer des télémanipulateurs d'application plus générale. Le simulateur comprendra trois parties: une

section dans laquelle on trouvera l'opérateur qui contrôlera le manipulateur simulé mathématiquement et observera le comportement du bras sur des écrans de surveillance donnant des images, produites par l'ordinateur, du bras et son environnement; une section de calcul où le modèle mathématique du bras répondra aux signaux émanant du contrôleur manuel, calculera la réponse du bras et enverra cette information à la troisième section qui sera le système de génération d'images où les sorties mathématiques du modèle seront converties en une série d'images de télévision.

Puisque les seules parties qui sont propres au télémanipulateur sont les sections de programmes, c'est-à-dire le modèle mathématique du bras du télémanipulateur, le simulateur peut être utilisé pour une gamme de systèmes différents de télémanipulation.

Les modèles complexes utilisés pour la simulation exigent un travail intensif de développement dans le domaine des techniques analytiques. La position à tout instant de la main du télémanipulateur sera fonction des angles de rotation des trois composantes articulées. En partant de l'épaule, la première composante peut se déplacer dans deux plans, c'est-à-dire qu'elle a deux degrés de liberté; à partir du coude la deuxième, ou avant-bras, a un seul degré de liberté et la troisième après le poignet a trois degrés de liberté. Le septième degré de liberté se trouve dans "les doigts" pour qu'ils puissent saisir. Les mouvements dans tous ces plans doivent être intégrés par le modèle mathématique afin de déterminer l'emplacement spatial de la "main" du télémanipulateur. Pour avoir une idée de la complexité du système on peut essayer de visualiser la trajectoire suivie par le bout de nos doigts lorsque le bras, l'avant-bras et le poignet tournent suivant certains angles.

Le télémanipulateur lui-même et le simulateur constituent de sérieux défis pour l'équipe industrielle canadienne mais il n'y a aucune raison de mettre en doute son aptitude à vaincre ces défis. Actuellement les travaux progressent dans le cadre de deux contrats avec l'équipe

when the upper arm, forearm and wrist are moved through certain specific angles.

Both the RMS itself and its simulation facility present substantial challenges to the Canadian industrial team, but there is no reason to doubt that these challenges can be met successfully. Work is currently progressing under two contracts with the industrial team. One covers the development of the simulation facility and the other covers "Phase B" of the RMS project, that is, the preliminary design phase. Various possible design approaches will be reviewed and by the Fall of 1976, NRC and NASA will agree on a design. Final design (Phase C) and hardware development and manufacture (Phase D) will follow, with final delivery of the RMS scheduled for early 1979. The simulation facility must, for obvious reasons, be completed well ahead of this date, since the computer section for mathematical model investigations is needed early in the project while the complete facility could be ready for commissioning as early as March of 1977.

The program is an ambitious one that could raise the question of whether Canada can afford to indulge in such high-technology ventures. However, examination of direct and indirect benefits of the program shows that it is an eminently justifiable one. In terms of direct benefits, the NASA/NRC Memorandum of Understanding assures Canada preferred access to both the Space Shuttle for spacecraft launches and service missions and to the Space-lab for experiments and applications, and in the interim, to conventional launch facilities. Access to space is needed by Canada, not only to maintain viable research programs in the space sciences but also to exploit the expanding potential of satellite communications and sensing systems. In addition, the RMS program will improve the Canadian industrial capacity for the design and construction of space

systems by providing direct program management experience in all facets of a space program.

It will also significantly expand employment in advanced technology occupations not only for the RMS development period (up to 1979) but also for the period of production of subsequent flight units. Canada then stands to reap a not inconsiderable benefit from its investment in a unique area of high technology.

A benefit more difficult to assess but one which could be of considerable long-term significance is the creation in Canadian industry of competence in the high-technology area of teleoperator design. Technology will be significantly advanced in such areas as control systems, real-time computer augmentation of human control functions, man-machine interaction with hardware and software systems, real-time simulations of complex man-machine tasks, and specialized materials technology. From this technological base, Canada could compete in the future global market for remote handling systems capable of operating in a variety of environments.

There are two unique features in Canada's RMS project — the organization of the industries involved and the National Research Council's role. It is noteworthy that the history of Canada's involvement with the RMS project really started with Canadian industries in the aerospace field who formed themselves into a consortium and took the first initiative with the proposal made to NRC and the Interdepartmental Committee on Space. The National Research Council is providing the industrial team with channels of communication between themselves and government and NASA, as well as cooperating with them to provide the basis of an organizational structure to manage this very complex project. □

David Mosey

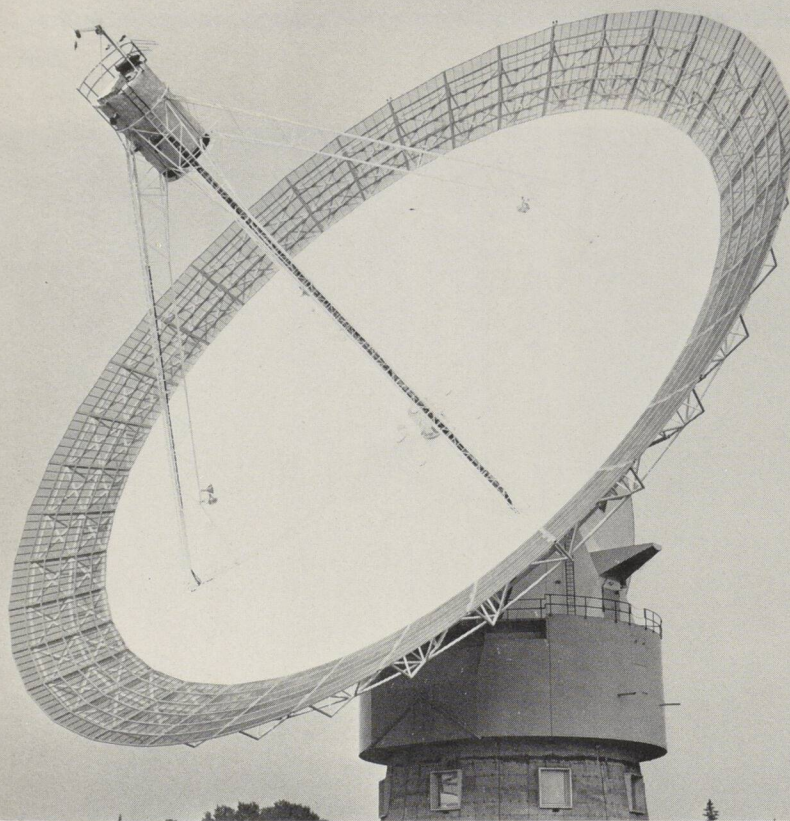
By mapping the ocean surface temperatures, earth resources satellites will provide oceanographers with valuable data on ocean current patterns. This, in turn, will enable fishing experts to predict fish movements. Ice movements can also be tracked from space.

En cartographiant les températures de la surface des océans, les satellites de détermination des ressources terrestres donneront aux océanographes des données précieuses sur les configurations des courants dans les océans. Ainsi, les experts des pêcheries pourront prévoir les migrations des poissons. Il est aussi possible, à l'aide de ces cartes, de déterminer le mouvement des glaces.



Canadian Government Photo Centre/Centre de photographie du gouvernement canadien

le télémanipulateur



Que nous nous servions de signaux électromagnétiques pour suivre "les Waltons" à la télévision, pour transmettre des renseignements vitaux dans le domaine médical jusqu'à un poste isolé au delà du cercle polaire, pour trouver la position d'un avion de transport au-dessus du Pacifique ou encore pour sonder les galaxies, les satellites ont donné à nos systèmes d'observation, de navigation et de communication une dimension beaucoup plus grande en matière d'efficacité.

Whether we use electromagnetic signals to keep up with the lives of the Waltons on television, to carry vital medical information to an isolated outpost above the Arctic circle, to fix the position of an airliner above the Pacific Ocean or to probe the galaxies, satellites have given our communications, navigation and observational systems a dramatically increased dimension of effectiveness.

industrielle. L'un couvre le développement du simulateur et l'autre la "Phase B" du télémanipulateur, c'est-à-dire la première étude. Différentes manières d'attaquer le problème, au niveau de la conception, seront passées en revue et, à l'automne 1976, le CNRC et la NASA devront tomber d'accord pour un concept. La phase finale (la Phase C) et le développement du matériel et la construction (Phase D) suivront; la livraison du télémanipulateur est prévue pour le début de l'année 1979. Le simulateur doit pour des raisons évidentes être terminé bien avant cette date puisque l'on a besoin de la section de calcul pour les études mathématiques aux premiers stades du projet alors que l'installation complète pourrait être prête à entrer en service dès le mois de mars de 1977.

Le programme est ambitieux et l'on pourrait se demander si le Canada peut se lancer dans de telles entreprises de technologie avancée. Toutefois, une étude des avantages directs et indirects du programme montre que le projet est éminemment justifié. Pour ce qui est des avantages directs, le Protocole d'accord entre la NASA et le CNRC accorde au Canada l'accès préférentiel à la navette pour le lancement et l'entretien de véhicules spatiaux, au laboratoire spatial pour des expériences et des applications et, entre temps, aux installations traditionnelles de lancement. L'accès à l'espace est nécessaire pour le Canada, non seulement pour maintenir des programmes de recherche viables dans le domaine des sciences spatiales, mais aussi pour exploiter les systèmes de télémétrie, de téledétection et de communications par satellite dont le potentiel est en expansion. En outre, le programme du télémanipulateur permettra d'améliorer la capacité industrielle canadienne pour la conception et la construction de systèmes spatiaux en assurant l'acquisition d'une expérience de gérance de tous les aspects d'un programme spatial.

Il faut noter aussi que ce programme permettra d'aug-

menter le nombre d'emplois dans le domaine de la technologie avancée, non seulement pour développer le télémanipulateur (jusqu'à 1979), mais aussi par la suite pendant la période de production d'unités de vol. Le Canada doit donc, en principe, recueillir les fruits non négligeables de son investissement dans un domaine unique de la technologie avancée.

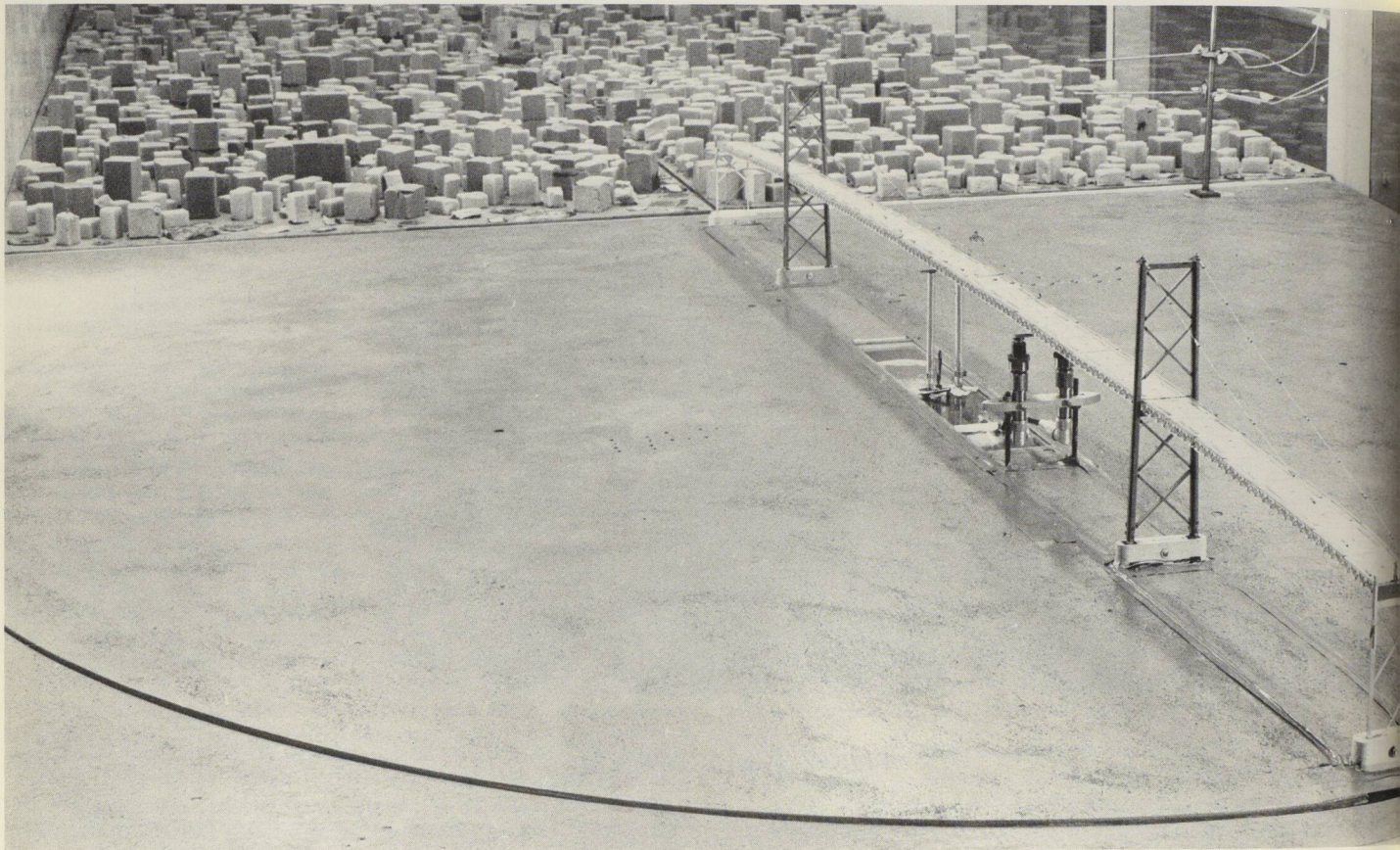
Un avantage plus difficile à évaluer, mais qui pourrait être d'une importance considérable à long terme, est la création dans l'industrie canadienne d'une compétence dans le domaine de la technologie avancée des concepts de télémanipulateurs. La technologie aura progressé d'une manière significative dans des domaines tels que les systèmes de commande, l'aide apportée en temps réel par un ordinateur aux fonctions de commandes humaines, l'interaction d'ordinateur, la simulation en temps réel de missions complexes homme-machine et la technologie des matériaux spécialisés. En partant de cette base technologique, le Canada pourrait saisir une partie du marché global futur pour les systèmes de télémanipulation pouvant fonctionner dans différents environnements.

Il existe deux points saillants dans le projet du télémanipulateur canadien: l'organisation des industries impliquées et le rôle du Conseil national de recherches. Il est à remarquer que le rôle du Canada dans le projet de télémanipulateur a vraiment débuté quand les industries aérospatiales canadiennes se sont constituées en consortium et ont pris l'initiative en faisant une proposition au CNRC et au Comité interministériel d'études spatiales. Le Conseil national de recherches fournit aux membres de l'équipe industrielle des voies de communication entre eux et avec le gouvernement et la NASA tout en coopérant avec eux et avec ces organismes pour fournir la base d'une structure organisationnelle permettant de diriger ce projet très complexe. □

Texte français: Louis-Georges Desternes

Boundary layer wind tunnel - Blunting the teeth of the gale

A University of Western Ontario engineer gauges the effects of wind on constructions ranging from homes to bridges. New building standards are established with the potential for great savings in construction costs and time.



Ron Nelson Photography, London, Ont.

“He that observeth the wind shall not sow; and he that regardeth the clouds shall not reap,” says the Preacher in Ecclesiastes. Dr. A.G. Davenport of the University of Western Ontario appears to have disproved this homily; he spends his days observing the wind, and the ideas sown from his observations are reaped by many. The description of his activity is rather more prosaic than “He that observeth the wind,” and Dr. Davenport prefers “industrial aerodynamics” or “wind engineering” since his field of interest is in the effects of wind on various structures, for example, roofs, towers, tall buildings and suspension bridges, and in the environmental aspects of wind — the dispersal of air pollution, cooling effects in hot climates or the avoidance of winter discomfort in windy Canadian cities.

The wind is simply a gross movement of air and can arise from several different factors. Some winds extend for thousands of miles and have their origins on a global scale, such as differences in pressure across the earth, unequal heating effects of the sun at different latitudes and forces arising out of the earth’s rotation. Wind may also occur at a particular location and may result from unequal cooling rates of water and land in coastal areas, the drainage of cold air into a valley during the evening, and other topographical features.

Wind has a changing face and what is manifest on a hot day as a cooling breeze in one location may, in another, produce havoc. In 1941, the Tacoma Narrows Bridge in Washington State broke apart in 64 km/h winds. In 1958, gusting winds caused \$600,000 worth of damage to the Union Carbide Building in Toronto. It is therefore necessary

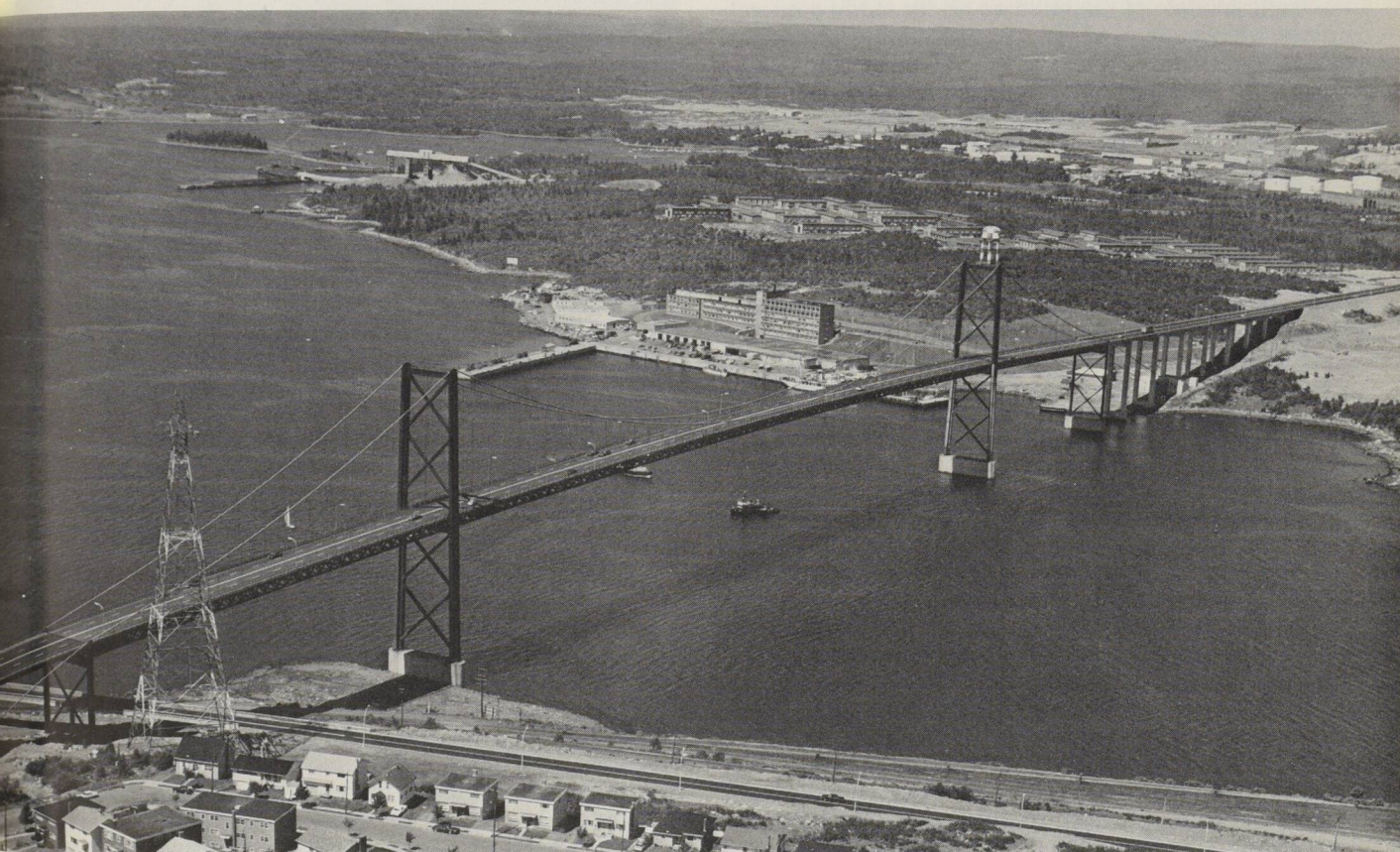
Revolutionary bridge building techniques were used during the construction of the Murray McKay Suspension Bridge at Halifax. Wind tunnel tests carried out by Dr. Davenport established the safety of the construction technique under a variety of prevailing wind conditions.

for engineers and architects to understand and assess the varying effects which wind may have upon their construction. One result of Dr. Davenport’s research has been the introduction of modifications into the National Building Code of Canada and the requirement that all buildings over 400 feet (120 m), and very slender buildings, be analyzed for dynamic response.

In order to determine the effects of wind upon a building, Dr. Davenport and his associates can proceed in several ways. In the case of an existing building, careful measurements are made of the stresses and deflections which take place in the building under actual wind conditions. In addition, the effects of wind upon the building may be simulated in the laboratory using a wind tunnel. The Boundary Layer Wind Tunnel at the University of Western Ontario was developed by Dr. Davenport in 1965 with the assistance of grants from the National Research Council. It is 100 feet long (30 m) and has a rectangular cross section eight feet (2.4 m) wide and seven feet (2.1 m) high, a

La soufflerie à couche limite Des tempêtes moins destructives

A l'Université de Western Ontario un ingénieur mesure les effets du vent sur des constructions allant des maisons particulières à des ponts. Les nouvelles normes devraient permettre de réduire le coût et la durée de construction.



Nova Scotia Communication & Information Centre

Des techniques révolutionnaires de construction des ponts ont été utilisées pendant la construction du pont suspendu Murrays Bay, à Halifax. Des essais en soufflerie exécutés par le Dr Davenport ont permis de s'assurer de la sécurité des techniques de construction dans différentes conditions du vent dominant.

“Qui observe le vent ne sème pas, et qui considère les nuages ne moissonne pas”, dit l'Ecclésiaste. Le Dr A.G. Davenport, de l'Université de Western Ontario, ne semble pas être d'accord: il passe son temps à observer le vent et les idées qu'il a acquises à la suite de ses observations sont exploitées par de nombreux ingénieurs. La description de ses travaux est plus prosaïque que celle d'un “observateur du vent”. Il préfère “l'aérodynamique industrielle” ou “le génie éolien” puisque son domaine d'intérêt est l'influence du vent sur différentes structures comme, par exemple, les toits, les tours, les édifices élevés et les ponts suspendus. Du point de vue de l'environnement, le Dr Davenport étudie la dispersion des polluants dans l'atmosphère, l'influence refroidissante du vent dans les climats chauds et le moyen d'éviter les difficultés hivernales que nous rencontrons dans nos cités canadiennes bien venteuses.

Le vent est tout simplement un mouvement de déplacement de l'air et il se produit pour différentes raisons. Il y a des vents qui s'étendent sur des milliers de milles; ils ont

leur origine dans des conditions à l'échelle globale comme les différences de pression existant entre divers points du globe, les échauffements inégaux du soleil aux différentes latitudes et les forces naissant de la rotation de la terre. Le vent peut également se produire en un point particulier et provenir des différentes vitesses de refroidissement des eaux et des terres dans les régions côtières, de l'arrivée d'air froid dans les vallées, le soir, ou d'autres caractéristiques topographiques.

Le vent peut changer et s'il peut donner ici une brise fraîche durant une chaude journée, il peut causer ailleurs une catastrophe. En 1941, le pont de Tacoma Narrows, dans l'état de Washington, s'est rompu sous l'action d'un vent de 64 km/h. En 1958, des rafales de vent ont causé pour 600 000 dollars de dommages à l'édifice Union Carbide à Toronto. Il est donc nécessaire que les ingénieurs et les architectes comprennent et évaluent les effets variés du vent sur leurs constructions. Un résultat des recherches du Dr. Davenport a été d'introduire des modifications dans le Code national du bâtiment du Canada et la condition exigée que tous les édifices dépassant 400 pieds (120 m) de hauteur et ceux qui sont d'un grand allongement soient analysés pour trouver leur réponse dynamique.

Le Dr Davenport et ses collaborateurs peuvent procéder de plusieurs manières pour déterminer l'influence du vent sur un édifice. Dans le cas d'un édifice existant déjà, des mesures exécutées avec soin sont faites quant aux contraintes et aux déflexions qui existent dans l'édifice soumis à l'action du vent. En outre, l'influence du vent sur l'édifice peut être simulée dans une soufflerie. La souf-

wind tunnel

fan being situated at one end of the pipe to simulate a variety of wind conditions. The wind tunnel bears the name "boundary layer" since Dr. Davenport is concerned mainly with conditions in the first 1,500 feet (450 m) above the ground, a region in which wind effects on buildings occur.

Aeroelastic models of the building under study are constructed at a scale of about one-fourthousandth of the actual size and measurements are made of deflections in the model under a variety of simulated wind conditions. Using modelling techniques, a stress or deflection of the model is related to an effect in a real building under related atmospheric conditions.

As computers continue to make inroads into scientific research, it is natural to ask: Could not these predictions be made theoretically? Dr. Davenport replies: "While it is possible to make a computer model of a bridge or a tower, it is rather difficult to make a complete mathematical model of wind; it is too complicated and unpredictable. When I began my research, engineers who were interested in predicting the effects of winds made their estimations using a steadily blowing wind. This could be called the "static theory of wind" for it assumes that a building experiences an unvarying wind pressure. However, even in the steadiest wind, surrounding buildings introduce turbulence and other random effects. It is these effects which can accumulate and cause wind-induced vibrations of a building, possibly resulting in a structural failure. Turbulence is difficult to simulate by computer in a reasonable length of time and at a reasonable cost. Instead, we place a model of the structure, together with models of the surrounding buildings, in a wind tunnel and insert electronic sensors into the model. The computer comes in when we analyze the mass of data which we obtain from the wind tunnel simulation."

During the design of the CN Tower in Toronto, novel building materials were used and it was important to quantify their behavior in the final construction. Concrete of very high quality was employed in the building and the model study enabled the stiffness of the tower to be related to various parameters in the concrete mix. Such a study can result in substantial savings. For example, model studies

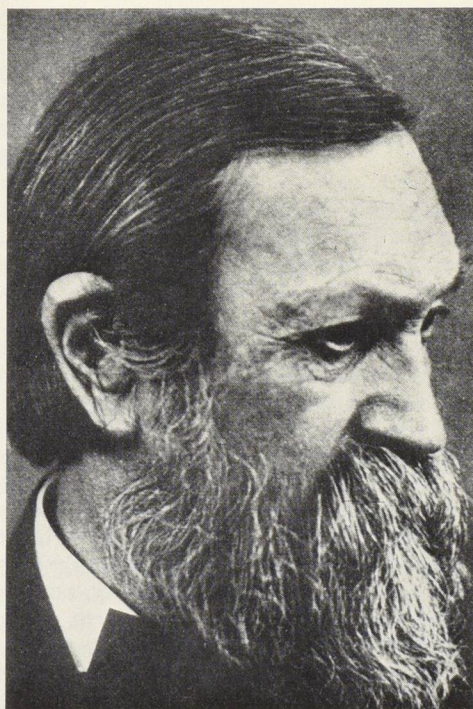
may suggest that less concrete or lighter steel can safely be used in a structure. The savings in such a case would be more than pay for the study and, more important, new codes for similar buildings throughout the world would be established. The case of the CN Tower is of particular interest to Dr. Davenport because he was able to follow up the wind tunnel predictions by making a comprehensive study of the Tower during its construction. At the present time, his colleagues are making precise measurements of the completed Tower's movements under actual wind conditions.

It is not only a completed building which is of concern to the construction engineer but the actual process of construction, which accounts for Dr. Davenport's frequent consultation by industry during the planning stage of a tower, bridge or radio telescope. In the case of a suspension bridge, for example, its most critical period occurs not under heavy traffic but during construction. Dr. Davenport was contacted during the early stages of the planning of the Murray McKay suspension bridge at Halifax. This bridge had several structural innovations, resulting in the weight per square foot (per m^2) of roadway being half that of a conventional bridge. In addition, a new construction technique was attempted by connecting whole sections together rather than assembling smaller pieces. Tests by Dr. Davenport and his associates demonstrated that such a construction would be safe; the bridge has been completed in record time — the suspended bridge deck being completed in under two months compared with a period of as much as one year in the case of other techniques.

By maintaining close liaison between the building industry and the laboratory, Dr. Davenport is able to achieve two goals: an increase in the understanding of the physics of wind and its movements around objects, and immediate contributions to building codes and individual building problems. This Canadian watcher of the wind has sown seeds the fruits of which will be reaped for years to come, not only in economic advantages but in the general improvement of the quality of life in our cities. □

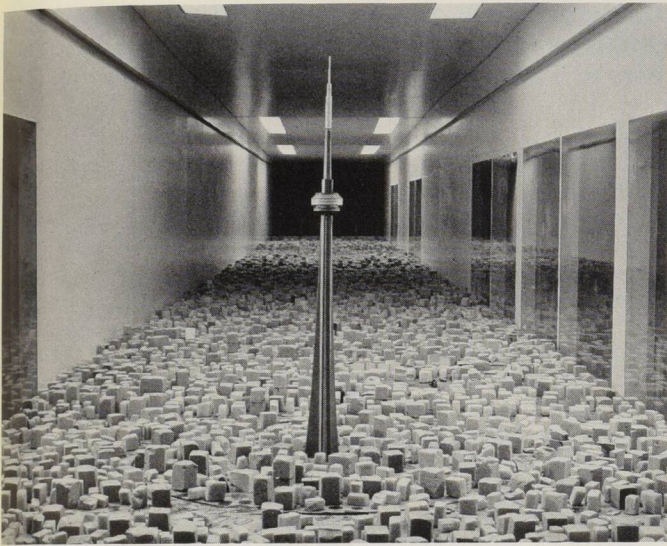
David Peat

Ernst Mach (1838-1916), Austrian physicist and philosopher whose writings exercised a considerable influence on Albert Einstein during the formative years of Relativity Theory and upon the Vienna school of philosophers which developed Logical Positivism. Amongst his many interests, Mach made a study of air flows across various objects; the "Mach number" is used to relate model studies in a wind tunnel to actual flow over a completed structure.



AIP Neils Bohr Library

Ernst Mach (1838-1916), physicien et philosophe autrichien dont les écrits ont exercé une influence considérable sur Albert Einstein pendant les années de gestation de la théorie de la relativité et sur l'école de Vienne des philosophes qui ont développé le Positivisme logique. Parmi les nombreux domaines qui intéressaient Mach on peut citer une étude des écoulements gazeux autour de différents objets; le "nombre de Mach" est utilisé pour établir une relation entre les études sur maquettes en soufflerie et l'écoulement réel autour des structures grandeur réelle.



Studies which originated in the Boundary Layer Wind Tunnel on this model of the CN Tower and its environment are being completed on the finished building.

Des études, ayant leur origine dans la soufflerie à couche limite, sur la maquette de la Tour du CN et de son environnement, sont terminées sur l'édifice entièrement construit.

appeler la "théorie statique du vent" car on suppose qu'un édifice subit une pression constante due au vent. Cependant, même dans les vents les plus stables, les édifices du voisinage introduisent de la turbulence et d'autres effets aléatoires. Ce sont ces effets qui peuvent s'accumuler et déterminer des vibrations induites par le vent dans un édifice, pouvant conduire à des ruptures structurales. La turbulence est difficile à simuler à l'aide d'un ordinateur, en un temps relativement court, et à un coût raisonnable. Nous plaçons plutôt la maquette de la structure et celle des édifices du voisinage dans une soufflerie après les avoir équipées de capteurs électroniques. L'ordinateur est utilisé pour analyser la masse des données que nous obtenons au cours de la simulation en soufflerie."

Durant l'étude de la Tour du CN à Toronto, de nouveaux matériaux de construction ont été utilisés et il est devenu important de quantifier leur comportement dans la construction finale. Du béton de très haute qualité a été employé dans la construction et l'étude à l'aide d'une maquette a permis d'établir une relation entre la rigidité de la tour et différents paramètres du mélange constituant le béton. Une telle étude peut permettre d'économiser des sommes substantielles. Ainsi, par exemple, des études sur maquettes peuvent conduire à penser que, en se servant de moins de béton ou d'un acier plus léger, il est possible d'obtenir une structure sûre. Les économies dans un tel cas seraient très supérieures au coût de l'étude et, ce qui est plus important, de nouveaux codes pour des bâtiments semblables dans le monde entier, pourraient voir le jour. Le cas de la Tour du CN est particulièrement intéressant pour le Dr Davenport car il a pu faire une étude étendue de la tour durant sa construction et mettre ses prévisions en parallèle. Actuellement, ses collègues font des mesures précises des mouvements, sous l'action du vent, de la tour maintenant construite.

Ce n'est pas seulement l'édifice terminé qui intéresse l'ingénieur dirigeant la construction mais la construction elle-même et c'est la raison pour laquelle le Dr Davenport est fréquemment consulté par les industriels durant le stade de planification d'une tour, d'un pont ou d'un radiotélescope. Dans le cas d'un pont suspendu, par exemple, la période la plus critique ne se produit pas au moment où la circulation routière est la plus intense mais durant la construction. Le Dr Davenport a été contacté durant les premières phases de la planification du pont suspendu Murray McKay à Halifax. Ce pont présentait plusieurs innovations structurales donnant un poids par pied carré (par m^2) de route égal à la moitié du poids habituel. En outre, une nouvelle technique de construction a été essayée; il s'agissait d'assembler des sections entières du pont plutôt que de monter le pont pièce par pièce comme on le fait habituellement. Des essais exécutés par le Dr Davenport et ses collaborateurs ont démontré qu'une telle construction serait sûre et le pont a été terminé en un temps record, le tablier suspendu ayant été terminé en moins de deux mois ce qui, par les méthodes traditionnelles, aurait pris jusqu'à une année.

En entretenant des relations étroites entre les industriels de la construction et le laboratoire, le Dr Davenport peut atteindre deux buts: une meilleure compréhension du comportement physique du vent et de l'écoulement de l'air autour des objets et des contributions immédiates aux codes du bâtiment et à la solution des problèmes individuels de construction. Cet observateur canadien du vent a bien semé et les fruits de son travail seront récoltés pour des années à venir, non seulement sous la forme d'avantages économiques, mais sous la forme d'une amélioration générale de la qualité de la vie de nos cités. □

Texte français: **Louis-Georges Desternes**

flerie à couche limite de l'Université de Western Ontario a été développée en 1965 par le Dr Davenport grâce à des subventions du Conseil national de recherches. C'est une soufflerie de 100 pieds de long (30 m) dont la veine d'essais rectangulaire a 8 pieds (2,4 m) de largeur et 7 pieds (2,1 m) de hauteur; elle est équipée d'un ventilateur situé à une extrémité pour simuler les différentes vitesses du vent. La soufflerie s'appelle "soufflerie à couche limite" du fait que le Dr Davenport s'intéresse principalement aux conditions que l'on rencontre dans les premiers 1 500 pieds (450 m) au-dessus du sol, c'est-à-dire à la région où le vent a une influence sur les édifices.

Des maquettes aérodynamiques des édifices étudiés sont construites à une échelle réduite d'environ 1/400 et la mesure des déformations des maquettes sous l'action du vent simulé est possible. Grâce à la technique des maquettes, une contrainte ou une déformation de la maquette est reliée à l'influence du vent dans le cas de l'édifice grandeur réelle et soumis à des conditions atmosphériques appropriées.

A mesure que les ordinateurs continuent d'avoir de plus en plus d'influence dans la recherche scientifique, il est naturel de se poser la question: Est-ce que ces prévisions ne pourraient pas être calculées théoriquement? Le Dr Davenport a répondu: "Alors qu'il est possible de définir un modèle pour ordinateur d'un pont ou d'une tour, il est difficile de réaliser un modèle mathématique complet du vent car c'est trop compliqué et imprévisible. Lorsque j'ai commencé ma recherche, les ingénieurs intéressés à prévoir l'influence du vent faisaient leur estimation en se basant sur un vent constant. C'est ce que nous pourrions

Infrared search - SPIR'ed on by computer

The Search Program for Infrared Spectra (SPIR) permits Canadian users to compare the infrared spectrum of an unidentified material with a vast library of recorded spectra stored at the NRC computer facility.

One problem faced by all scientists is the need to keep abreast of current scientific developments and to review constantly expanding stores of scientific data. One solution is convenient access to a thorough inventory of published experimental results from around the world.

The modern vehicle? The computer.

NRC's Division of Chemistry, in conjunction with the NRC Computation Center, is now providing a Search Program for Infrared Spectra (SPIR) for Canadian users. The system is based on the FIRST-1 Infrared Search Program originally developed in the United States and made available through DNA Systems Inc., Saginaw, Michigan.

In essence, the program allows users to compare rapidly the infrared spectrum of an unidentified material with a library of approximately 150,000 spectra, catalogued and coded by the American Society for Testing and Materials. A large spectra collection is maintained at the Montreal Road laboratories of the Chemistry Division by the Canada Institute for Scientific and Technical Information (CISTI). As such, it represents the most complete set of basic reference spectra to the data base in Canada.

To gain access to the search program, a user anywhere in Canada need simply connect his terminal to the NRC computer in Ottawa, either via standard telephone line or through a leased data line. Information on the physical and chemical properties of an unknown material along with features of its infrared spectrum are then coded and fed into the search program. With the aid of an operating instruction manual, data such as the presence or absence of absorption peaks in certain spectral regions, the peak position, as well as a "weighting" factor for areas of particular importance can be easily prepared for computer processing.

The computer search itself then proceeds at a rate of approximately 2,000-5,000 reference spectra per second after which a spectral "fit" is returned to the user. The returned data identifies the 20 spectra retrieved from the collection which correspond most closely to the information supplied. Each possible solution spectrum is accompanied by a correlation factor which indicates how closely the computer-selected pattern matches the coded information about the pattern of the unknown.

Armed with this information, a user can then return to the original spectrum for interpretation. While saving the considerable time taken for a manual scan of the scientific literature, SPIR also frees the spectroscopist for other duties. Initially, a trained technician can introduce the data at the computer terminal before the spectroscopist is called upon to analyze the results at a later stage. Among SPIR's other advantages are a round-the-clock access to the Ottawa-based search program.

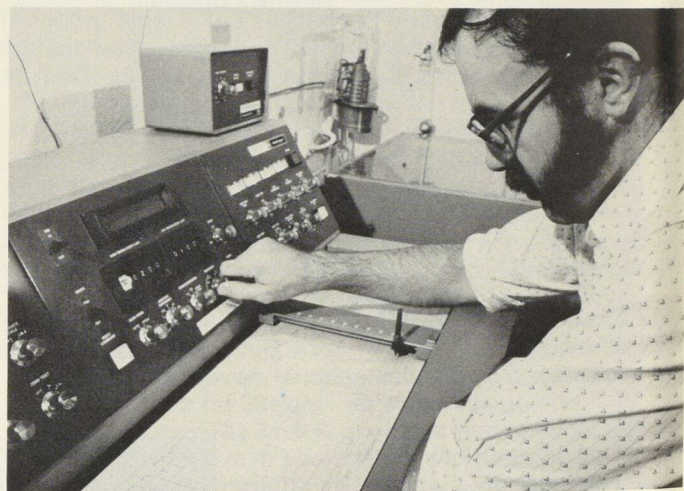
For the service itself, users incur a basic monthly cost in addition to charges levied on a per-search basis. (These costs relate to computer time.) At present, SPIR users include the Department of Consumer and Corporate Affairs, the Customs and Excise Laboratory, Du Pont of Canada Ltd., and the Ontario Research Foundation at Sheridan Park.

Numerous other sources have shown considerable interest.

"It must be emphasized that SPIR is only a service for searching through the files of encoded spectra," explains Dr. Norman Jones of the Division of Chemistry. "Although NRC provides the basic program and access to the computer, the actual comparisons with the reference spectra and the interpretation of the results are left to the user.

"Since its initiation last year, users have found the program most beneficial. Considering its ease of access, the speed of data retrieval and the breadth of the data base, SPIR promises to make the spectroscopist's task a little easier." □

W.J. Cherwinski



Dr. D.G. Cameron of the Division of Chemistry recording the spectrum of an unknown. One recent example of SPIR's utility involved a request from the Department of Consumer and Corporate Affairs. A search was undertaken on behalf of a consumer worried about the potential flammability hazard of some plastic candle holders she had purchased. Scrapings were taken from the bottom of the holders and a spectrum of the substance was obtained. The spectrum had a match of +71 with polystyrene. The identity of the plastic was then easily confirmed by other means. The consumer inquiry was thus rapidly answered without significant damage to the article supplied for testing.

Le Dr D.G. Cameron, de la Division de chimie, enregistre le spectre d'une matière inconnue. Un exemple récent de l'utilité de SPIR concerne une requête du Ministère de la consommation et des corporations. Une recherche a été entreprise pour une personne ayant des inquiétudes au sujet de l'inflammabilité potentielle de certains chandeliers en plastique qu'elle avait achetés. En grattant le fond du chandelier on a prélevé un peu du matériau qui a permis de déterminer son spectre. Le spectre avait une ressemblance de +71 avec le polystyrène. L'identité du plastique a été ensuite facilement confirmée par d'autres moyens. Ainsi, on a pu répondre rapidement au consommateur sans avoir endommagé le chandelier fourni pour faire les tests.

La recherche en infrarouge A coups d'ordinateur

Le Search Program for Infrared Spectra (SPIR), c'est-à-dire le Programme de recherche des spectres infrarouges, a permis aux utilisateurs canadiens de comparer le spectre infrarouge d'un matériau non identifié avec de très nombreux spectres stockés dans la mémoire d'un ordinateur du CNRC.

Une obligation à laquelle tous les scientifiques doivent faire face est celle de se tenir au courant des progrès scientifiques et de passer constamment en revue les documents stockés, toujours en plus grand nombre, dans le domaine des données scientifiques. Un moyen d'y parvenir consiste à avoir facilement accès à un inventaire détaillé des résultats publiés d'expériences ayant eu lieu dans le monde entier.

Quel est le véhicule moderne en ce domaine? C'est l'ordinateur.

La Division de chimie du CNRC, en conjonction avec le Centre de calcul, fournit maintenant un Programme de recherche des spectres infrarouges (SPIR) pour les utilisateurs canadiens. Le système est basé sur le Programme de recherche en infrarouge FIRST-1 développé à l'origine aux États-Unis et disponible par l'intermédiaire de la compagnie DNA Systems Inc., de Saginaw, dans le Michigan.

Ce programme permet aux utilisateurs de comparer rapidement des spectres infrarouges d'un matériau non identifié avec environ 150 000 spectres stockés et codés par l'American Society for Testing and Materials (ASTM). Une vaste collection de spectres est tenue à jour aux laboratoires de la Division de chimie, chemin de Montréal, par l'Institut canadien de l'information scientifique et technique (ICIST). En tant que telle, elle représente la collection la plus complète de spectres fondamentaux de référence au Canada.

Pour avoir accès à ce programme, il suffit que l'utilisateur, où qu'il se trouve au Canada, relie son terminal à l'ordinateur du CNRC à Ottawa, soit par une ligne téléphonique ordinaire, soit par une ligne de données louée. Des renseignements sur les propriétés physiques et chimiques d'un matériau inconnu et les caractéristiques de son spectre en infrarouge sont alors codés et fournis au programme de recherche. A l'aide d'un manuel, des données comme la présence ou l'absence de pointes d'absorption dans certaines régions du spectre, les positions de ces pointes et le facteur de "pondération" pour des régions d'importance particulière, peuvent être facilement préparées en vue d'un traitement par ordinateur.

La recherche par l'ordinateur elle-même a lieu à une vitesse d'environ 2 000 à 5 000 spectres de référence par seconde après quoi une "équivalence" spectrale est retournée à l'utilisateur sous la forme de 20 spectres pris dans la collection et correspondant au plus près à l'information injectée dans l'ordinateur. Chaque spectre pouvant représenter une solution est accompagné d'un facteur de corrélation qui indique jusqu'à quel point la configuration sélectionnée par l'ordinateur est proche de l'information codée concernant le corps inconnu.

Armé de ces renseignements, un utilisateur peut alors retourner au spectre original pour son interprétation. Tout en économisant une grande partie du temps qui serait nécessaire si l'on recherchait à la main dans les documents scientifiques écrits, le SPIR permet aussi au spectroscopiste

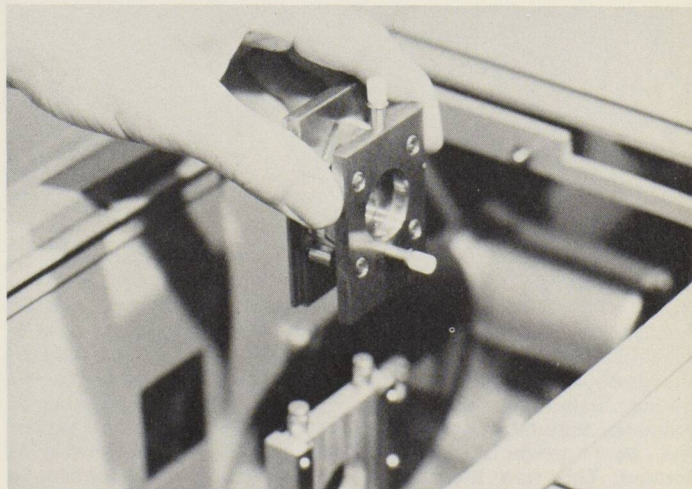
de consacrer ce temps économisé à d'autres occupations. Tout d'abord, un technicien entraîné peut introduire les données dans le terminal de l'ordinateur avant que le spectroscopiste ne soit appelé plus tard à analyser les résultats. Parmi les autres avantages de SPIR se trouve celui de permettre d'avoir accès 24 heures sur 24 au programme de recherche basé à Ottawa.

Les utilisateurs de ce service doivent accepter de payer un "loyer" en plus des sommes prélevées sur la base des recherches unitaires. (Ces coûts se rapportent au temps d'utilisation de l'ordinateur.) Actuellement, les utilisateurs de SPIR comprennent le Ministère de la consommation et des corporations, le laboratoire des Douanes et de l'accise, la compagnie Du Pont of Canada Limited, et l'Ontario Research Foundation, de Sheridan Park. Beaucoup d'autres sources ont montré un intérêt considérable pour le programme.

Le Dr Norman Jones, de la Division de chimie, nous a dit: "Il faut mettre ici l'accent sur le fait que SPIR n'est qu'un service de recherche utilisant les mémoires contenant les spectres codés. Quoique le CNRC fournisse le programme de base et l'accès à l'ordinateur, la comparaison avec les spectres de référence et l'interprétation des résultats sont laissées à l'utilisateur."

"Depuis que le programme a été lancé l'année dernière, les utilisateurs ont trouvé qu'ils en tirent de très grands bénéfices. Si l'on considère la facilité d'accès, la vitesse de localisation des données et l'étendue de la banque de données, SPIR doit permettre de faciliter beaucoup les travaux du spectroscopiste." □

Texte français: **Louis-Georges Desternes**



A cell containing liquid solution of an unknown substance being mounted in the infrared spectrometer.

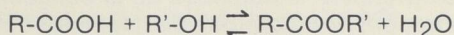
Cellule contenant une solution liquide d'une substance inconnue, en cours de montage, dans le spectromètre à infrarouge.

The stereoelectronic theory of hydrolysis - New insights into organic chemistry

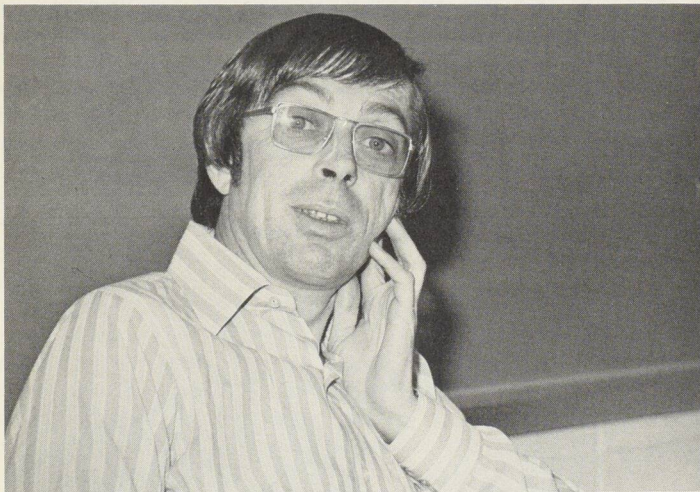
Dr. Pierre Deslongchamps of the University of Sherbrooke is studying hydrolysis reactions involving esters and amides. He has postulated that in such reactions, the spatial arrangement of intermediate chemical species determines what compounds are formed. This theory has been verified in a series of experiments based on the synthesis of a number of organic compounds.

The perfume of flowers, the delicate aroma of apples, oranges and bananas, and many familiar compounds such as soap and greases all belong to the chemical family of esters. Nature builds or modifies many compounds essential to life (such as proteins and hormones) through the formation and modification of esters and ester-like molecules. In living systems, this is promoted by a class of proteins called enzymes which are biological catalysts controlling the formation and transformation of esters and related compounds called amides. Thus a detailed study of processes involving esters and amides has great relevance not only for organic chemistry but also for biochemistry where it is essential to understand the complexities of enzymatic catalysis.

Esters, which are represented by the general formula R-COO-R, are formed in the so-called esterification reaction. Chemists express this reversible reaction through the equation:



Esterification is simply the reaction between an acid (R-COOH) and an alcohol (R'-OH) to produce an ester (R-COOR') and water. The reverse reaction, right to left in the equation, is called the hydrolysis of an ester.



Centre de l'Audio Visuel, Université de Sherbrooke

Dr. Pierre Deslongchamps, of the Chemistry Department of the University of Sherbrooke, has shown that the tri-dimensional arrangements of atoms in esters and ester-like compounds determine the type of reactions they take part in, and the final products that are formed. This new theory has relevance in several areas of scientific investigation in chemistry such as understanding how enzymes work.

M. Pierre Deslongchamps, du département de chimie de l'Université de Sherbrooke, a établi que la conformation, c'est-à-dire l'arrangement dans l'espace des atomes de composés tels que les esters, détermine la marche des réactions chimiques auxquelles ils participent et la nature des produits formés. La nouvelle théorie du professeur Deslongchamps facilitera l'avancement d'autres travaux de recherche en chimie comme, par exemple, l'étude de l'action enzymatique.

For the past five years, Dr. Pierre Deslongchamps, from the Chemistry Department of the University of Sherbrooke, has been active in unravelling the mysteries of hydrolysis reactions. According to Dr. Deslongchamps, it is now a well established fact that the hydrolysis reaction is catalyzed by acids and bases and that the reaction proceeds through a tetrahedral intermediate species — shaped like a four-sided pyramid of organic groups built around a central atom of carbon.

Dr. Deslongchamps has recently developed a new, so-called stereoelectronic theory on this tetrahedral intermediate. He has postulated that its conformation — the precise spacial arrangement of the atoms — determines the mode of its decomposition and the nature of the final products.

A great deal of effort was required to verify this theory experimentally because the intermediate species present in the hydrolysis reaction decay is less than 10^{-7} s (.1 millionth of a second). Furthermore, esterification and hydrolysis being reversible reactions, there were many chemical compounds present at the same time, which tended to prevent a full analysis of the reaction mechanism. It thus became necessary to use roundabout methods of organic synthesis to fabricate stable versions of the same intermediate normally present briefly in the hydrolysis of esters. Other methods were used to cleave them and to determine the effect of their conformation on ester formation. Over the past few years, Dr. Deslongchamps and his research team of six graduate students and six post-doctoral scientists have used five different methods of organic synthesis to verify separate facets of the stereoelectronic theory. Much work and ingenuity have been required for these organic syntheses because most of the necessary reactions had to be invented from scratch. However, Dr. Deslongchamps already had considerable expertise in organic synthesis, having worked for several years on the development of "pre-fab" methods to build complex organic molecules in a much smaller number of steps than required by classic synthesis techniques. Such laboratory molecule construction is done in much the same manner as modern house assembly. In recognition of Dr. Deslongchamps' work, the National Research Council of Canada awarded him the E.W.R. Steacie Fellowship in 1971. This award enabled him to conduct uninterrupted research for a period of three years, without teaching or administrative duties. From 1970 to 1972, he was also a Fellow of the New York based A.P. Sloan Foundation.

During 1971, the development of Dr. Deslongchamps' stereoelectronic theory began with his discovery of a new chemical reaction, the oxidation by ozone of the acetal function of an aldehyde into an ester.

Dr. Deslongchamps and his colleagues then studied this system in order to understand the formation of esters, the final product of this reaction. They first showed that there was a direct relationship between the conformation of the acetal group and its reactivity. Dr. Deslongchamps also theorized that the crucial factor in the decomposition of the intermediate into the final product was the orientation in space of free electron pairs or orbitals. Finally, he formed the hypothesis, which was later confirmed, that this oxidation reaction proceeds through the same intermediate as hydrolysis.

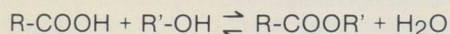
La théorie stéréoélectronique de l'hydrolyse

Un pas en avant en chimie organique

Le professeur Pierre Deslongchamps, de l'Université de Sherbrooke, poursuit des travaux de recherche sur l'hydrolyse des esters et des amides. Il a émis l'hypothèse que la disposition spatiale des espèces chimiques intermédiaires dans de telles réactions d'hydrolyse détermine la nature des composés formés. Une série d'expériences basées sur la synthèse de divers composés organiques a confirmé la justesse de cette théorie.

Les parfums des fleurs, les aromes délicats des pommes, des oranges et des bananes, et un grand nombre de composés familiers de la vie courante tels que les savons et les graisses appartiennent à la famille chimique des esters. La Nature utilise les réactions de formation des esters (estérification) et de leur transformation (hydrolyse) pour la synthèse ou la modification de nombreux composés essentiels à la vie tels que les protéines et les hormones par exemple. Certaines protéines communément appelées enzymes ont la propriété de catalyser au sein des organismes vivants les réactions de formation et d'hydrolyse des esters et des substances qui leurs sont apparentées, les amides. La connaissance détaillée du mécanisme de formation ou d'hydrolyse des fonctions ester et amide est donc importante non seulement en chimie organique mais aussi en biochimie, où elle est essentielle pour comprendre le fonctionnement de la catalyse enzymatique.

Les esters, qu'on désigne par la formule générale R-COO-R, se forment dans la réaction dite d'estérification. Les chimistes expriment cette réaction réversible par l'équation



Dans cette équation, on appelle estérification la réaction entre un acide (R-COOH) et un alcool (R'-OH) pour donner un ester (R-COOR') et de l'eau. La réaction inverse, dans le sens de droite à gauche dans l'équation, s'appelle hydrolyse.

Le professeur Pierre Deslongchamps, du département de chimie de l'Université de Sherbrooke, travaille depuis 1971 à élucider les secrets de la réaction d'hydrolyse. Comme nous l'explique le professeur Deslongchamps, il est bien connu aujourd'hui que la réaction d'hydrolyse est catalysée par les acides et par les bases; au cours de cette réaction, il y a formation d'un intermédiaire en forme de tétraèdre. Cet intermédiaire est constitué d'une pyramide à quatre côtés ayant à son centre un atome de carbone auquel sont reliés par des liens chimiques dits de valence quatre atomes ou groupes d'atomes.

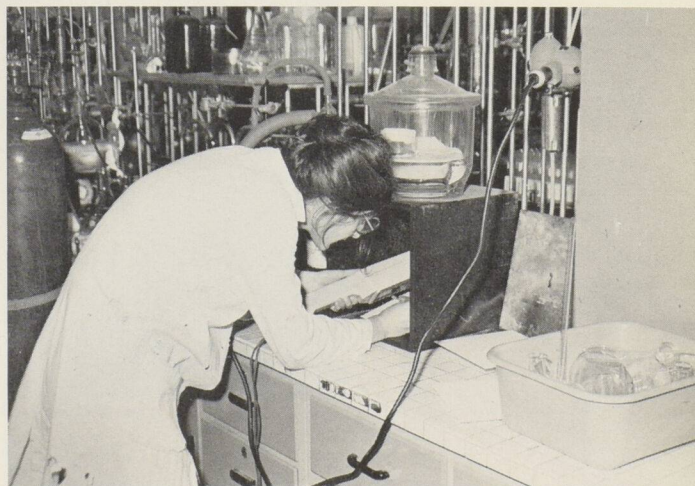
Le professeur Deslongchamps a développé récemment une nouvelle théorie dite stéréoélectronique portant sur l'intermédiaire tétraédrique de la réaction d'hydrolyse. Il émet l'hypothèse que la conformation, c'est-à-dire la disposition spatiale précise qui est prise par l'intermédiaire tétraédrique est d'une importance vitale pour comprendre le mécanisme de décomposition de cet intermédiaire et par conséquent expliquer la nature des produits formés.

La vérification expérimentale de cette théorie n'a pas été facile car les intermédiaires présents dans cette réaction n'ont qu'une durée de vie d'environ 10^{-7} seconde (0,1 milliardième de seconde). De plus, à cause du fait que les réactions d'estérification et d'hydrolyse sont réversibles, il a été difficile de se rendre compte de l'importance de la conformation des intermédiaires; en effet, il y avait beaucoup de composés chimiques présents à la fois et donc beaucoup d'inconnues à résoudre, ce qui masquait les mécanismes de la réaction. Il a donc fallu prendre des méthodes détournées de synthèse organique pour fabriquer de façon stable les mêmes intermédiaires qu'on observe normalement dans l'hydrolyse des esters, les fragmenter et observer l'influence de leur conformation sur la formation d'esters. Le professeur Deslongchamps et son équipe de six étudiants diplômés et de six chercheurs post-doctoraux ont utilisé une gamme de cinq méthodes de synthèse

organique dont chacune prise isolément permettait de vérifier un aspect de la théorie stéréoélectronique, et dont l'ensemble ne laissait aucun doute sur la justesse des hypothèses de départ. Ces travaux de synthèse ont réclamé beaucoup de travail et d'ingéniosité car il a fallu mettre au point et inventer la plupart des synthèses nécessaires. Cependant, le professeur Deslongchamps bénéficiait déjà d'une vaste expérience dans le domaine de la synthèse organique. Il travaille en effet depuis une dizaine d'années à la mise au point de méthodes de synthèse de molécules organiques complexes à partir de "pièces détachées". Tout comme les constructeurs de maisons modernes peuvent construire des maisons en un temps record, à partir d'éléments préfabriqués, le professeur Deslongchamps a mis au point des techniques de synthèse organique exigeant un nombre d'étapes réduit de beaucoup si on les compare aux laborieuses synthèses classiques. La compétence du professeur Deslongchamps en ce domaine lui a valu de recevoir en 1971 la Bourse Commémorative E.W.R. Steacie du CNRC, bourse qui lui a permis de se dégager entièrement de ses tâches d'enseignement et de ne se consacrer qu'à la recherche pendant trois ans. M. Deslongchamps a également reçu le titre de "Fellow" de la Fondation Alfred P. Sloan de New York de 1970 à 1972.

Le développement de la théorie stéréoélectronique du professeur Deslongchamps a débuté en 1971 par la découverte dans son laboratoire d'une nouvelle réaction chimique, l'oxydation de la fonction acétale d'une aldéhyde en fonction ester par l'ozone.

Le professeur Deslongchamps et son équipe ont entrepris une étude du mécanisme de la réaction d'oxydation des acétals pour tenter de comprendre la formation des



Centre de l'Audio Visuel, Université de Sherbrooke

Andrée-Lucie Roy, one of Dr. Deslongchamps' M.Sc. students, at the lab bench.

Andrée-Lucie Roy, étudiante à la maîtrise sous la direction du professeur Deslongchamps, travaillant à un montage expérimental.

ester hydrolysis

In the course of his studies on the oxidation of acetals, Dr. Deslongchamps made a startling experimental observation: in a certain chemical reaction, only one ester was formed although the tetrahedral intermediate present should have decayed into two different esters according to the classical rules of chemistry. To explain this result, Dr. Deslongchamps assumed that the oxidation of acetals by ozone led to an intermediate with a specific conformation. This species then tended to cleave in one direction only, producing exclusively one of the two possible esters. This preference was thought to be explained by the fact that the observed ester was much more likely to form since the process required less energy. This deviation from normal chemical rules led Dr. Deslongchamps to formulate his new theory on the stereoelectronic control of hydrolysis reactions.

Further experiments based in particular on the synthesis and the reactivity of orthoesters confirmed the new theory.

For the past few months, Dr. Deslongchamps has been using the technique of tagging an amide or an ester with an atom of oxygen-18, a rare isotope of the common kind of oxygen. In this way, he is able to determine the precise conformation of the intermediate in hydrolysis reactions and to predict from his stereoelectronic theory the final products of the hydrolysis reaction. Mass spectrometry is

then used to analyze the reaction products.

Through the efforts of scientists like Dr. Deslongchamps and his coworkers, organic chemistry is shedding its former reputation as an imprecise branch of science in which chemists can only prepare "soups" containing, in addition to the desired compounds, various unwanted impurities. Dr. Deslongchamps has perfected well-controlled quantitative reactions that fully convert starting materials into the desired compounds. This is of considerable practical importance to the chemical and drug industries which need to tailor synthesis procedures for a good yield and fewer fabrication steps.

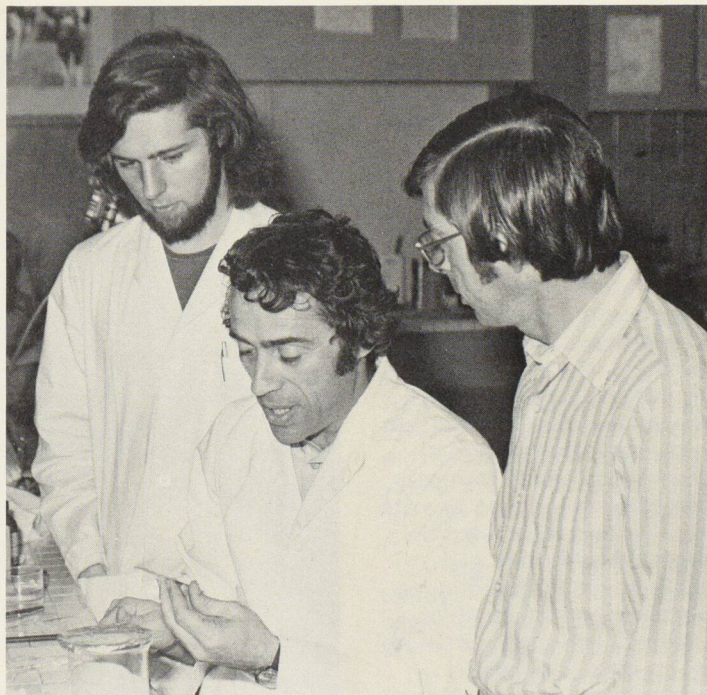
In living cells, for example, nucleic acids are linked together by ester and phosphoric acid bonds. Thus the transposition of Dr. Deslongchamps' ideas might eventually lead to the synthesis of DNA and of polynucleotides.

Understanding enzymatic action in hydrolysis reactions is also paramount in medicine. Each cell of a living being is a chemistry laboratory of great sophistication where many reagents are enzymes created for a specific purpose, under tight control. Taking account of the tri-dimensional nature of enzymes might be the key to understanding their reaction mechanisms. □

Michel Brochu

Two of Dr. Deslongchamps' collaborators are seen discussing scientific data with him: from left Roger St-Onge, Ph.D. student, Luc Ruest, research assistant and Dr. Deslongchamps.

Discussion scientifique entre le professeur Deslongchamps et deux de ses collaborateurs: dans l'ordre habituel, Roger St-Onge, étudiant au doctorat, Luc Ruest, assistant de recherche, le professeur Deslongchamps.



Centre de l'Audio Visuel, Université de Sherbrooke

L'hydrolyse des esters

esters, produits finals de cette réaction. Ils ont d'abord démontré expérimentalement qu'il y avait une relation directe entre la conformation de la fonction acétale et sa réactivité. Le professeur Deslongchamps a de plus proposé une théorie selon laquelle le facteur décisif dans la décomposition de l'intermédiaire jusqu'au produit final est l'orientation dans l'espace des paires d'électrons libres, les orbitales, par rapport au lien carbone-hydrogène. Finalement, il a formulé l'hypothèse, qui fut confirmée par la suite, que cette réaction d'oxydation passe par la formation du même intermédiaire tétraédrique que l'on rencontre dans la réaction d'hydrolyse.

Au cours de ses études de la réaction d'oxydation des acétals, le professeur Deslongchamps constata un fait expérimental remarquable: dans une réaction donnée, on observait toujours la formation d'un seul ester alors que l'intermédiaire tétraédrique postulé devait conduire à deux types d'esters selon les règles de la chimie classique. Pour expliquer ce résultat, il a pensé que l'oxydation des acétals possédant une conformation précise et qui préférerait se fragmenter dans une seule direction, produisant ainsi un seul des deux esters possibles. La raison de cette préférence était, croyait-il, que la formation de l'ester que l'on observe de fait était favorisée parce que requérant moins d'énergie que celle de l'autre ester théoriquement possible. C'est cette déviation par rapport aux règles de la chimie classique qui a conduit le professeur Deslongchamps à la formulation de sa théorie sur le contrôle stéréoelectronique dans la réaction d'hydrolyse.

Par la suite, des expériences portant entre autres sur la synthèse et la réactivité des orthoesters, permirent de confirmer totalement la nouvelle théorie.

Depuis l'automne 1975, le professeur Deslongchamps se sert d'une technique qui consiste à utiliser une amide ou

un ester marqués avec un isotope rare de l'oxygène, l'oxygène-18, pour connaître la conformation précise de l'intermédiaire chimique de l'hydrolyse. La théorie stéréoelectronique lui permet de prédire la configuration de l'intermédiaire tétraédrique et les produits finals de la réaction d'hydrolyse. Ces produits sont analysés par le truchement de la spectroscopie de masse.

Grâce à des travaux comme ceux de M. Deslongchamps et de son équipe, la chimie organique perd peu à peu sa réputation de science imprécise, réservée à des chimistes qui ne savent préparer que des espèces de "soupes" contenant en plus du produit recherché divers produits indésirables. Les méthodes de M. Deslongchamps fournissent en effet des réactions quantitatives bien contrôlées, c'est-à-dire qu'il y a conversion complète des réactifs en produits finals désirés. Pour l'industrie chimique et l'industrie pharmaceutique, il est important de bien contrôler les réactions de synthèse des divers composés organiques pour obtenir un bon rendement et un minimum d'étapes de fabrication. Par ailleurs, étant donné que dans la cellule, les acides nucléiques sont reliés ensemble par des esters et des acides phosphoriques, la transposition des idées du professeur Deslongchamps conduira peut-être à contrôler la synthèse de l'ADN et des polynucléotides.

Dans le domaine médical, la compréhension des mécanismes des réactions d'hydrolyse par les enzymes est aussi un problème de grande importance. Les cellules des êtres vivants sont chacune un laboratoire de chimie d'une grande complexité où chaque réactif est une enzyme créée pour une fonction bien spécifique, sous un contrôle rigoureux. C'est en tenant compte de la nature tridimensionnelle des enzymes qu'on pourra préciser les mécanismes de leur action. □

Michel Brochu

A general view of one of Dr. Deslongchamps' laboratories.

Vue d'ensemble de l'un des deux laboratoires du professeur Deslongchamps.



Centre de l'Audio Visuel, Université de Sherbrooke

Cover: Offshore gas exploration in the Arctic is now taking place from artificial floating ice platforms, such as the one shown, which was built off Melville Island (story page 4). Courtesy Beak Consultants Limited.

Notre couverture: L'industrie pétrolière canadienne peut maintenant se livrer à la prospection au large des îles de l'Arctique canadien grâce à la construction de plates-formes de glace flottante comme celle-ci (voir notre article p. 5), qui a servi au forage d'un puits sous-marin au large de l'île Melville, en vue de découvrir du gaz naturel. Photographie de Beak Consultants Limited.

