

ser
01
54155
2#/
980

SCIENCE DIMENSION

1980/1

CANADA INSTITUTE FOR S.T.I.

MAR 13 1980

OTTAWA

INSTITUT CANADIEN DE L'I.S.T.



CANADA-FRANCE-HAWAII TELESCOPE / LE TÉLESCOPE CANADA-FRANCE-HAWAII

SCIENCE DIMENSION



National Research Council Canada
Conseil national de recherches Canada

Vol. 12, No. 1, 1980

ISSN 0036-830X

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

CONTENTS

-
- 4 The road to Mauna Kea**
A telescope is born
-
- 10 Wind power**
Is there an egg-beater in your future?
-
- 14 The Kaimei**
An international approach to wave power
-
- 18 Aircraft fatigue**
Full-scale test on the Tracker
-
- 22 Mechanical vision**
For astronauts and industry
-
- 26 In memoriam**
Dr. Léo Edmond Marion
(1899-1979)
-
- 28 Biomass**
Energy from plants
-

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.

Editor-in-chief Loris Racine

Editor Wayne Campbell

Executive Editor Joan Powers Rickerd

Design ACART Graphic Services

Editorial Production Coordinator Patricia Montreuil

Canada hosts astronomy's stars

For the first time in its 57-year history, the International Astronomical Union held its triennial General Assembly in Canada at the Université de Montréal. More than 2000 astronomers from around the world gathered for the meeting and for numerous symposia, colloquia and workshops held at various locations in North America during the summer. Astronomers met to discuss Star Clusters (Victoria, B.C.), Solid Particles in the Solar System (Ottawa), Close Binary Stars (Toronto), Interstellar Molecules (Mont Tremblant, Qué.) and Convection and Turbulence in Stellar Atmospheres (London, Ont.). In addition, two workshops were held in Ottawa, one on Radio Recombination Lines and the other on Radio Stars.

Particles in space are receiving an increasing amount of attention. Clues to the formation of new stars, the existence of stars now dead, and the mechanism leading to the creation of our solar system are being uncovered through the study of microscopic or molecular-sized motes drifting between the stars. The subject has advanced rapidly over the past decade and it has attracted enough attention to warrant its own disciplinary name — "astrochemistry".

Conditions in space are sharply divided between environments which preserve molecular integrity and those which destroy it. On the one hand, the study of particles near stars is difficult due to the high levels of radiation and energy transfers. Detecting molecules in the smear of stellar radiation is a challenge to available technology and the process is slow and uncertain. On the other hand, the cold of space allows the existence of molecules that otherwise would be destroyed near stars or under terrestrial conditions. Creation and identification of these molecules in the laboratory for the purpose of research was the subject of

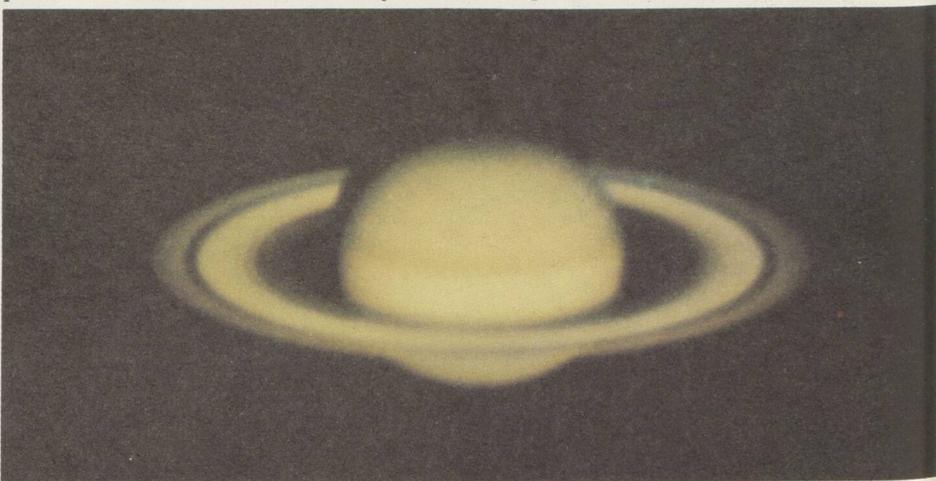
much of the discussion at Mont Tremblant.

Interplanetary dust, discussed at Ottawa, has been studied sufficiently to permit its classification into types. Many of these particles originate in comets, while others are the products of ablating meteors. Some evidence of this dust may be found on the Earth's surface but more effective collection are likely present in oceanic sediments or the upper atmosphere. Representing frozen clues to the early years of the sun's formation, interplanetary dust provides a "time capsule" for researchers. Plans are under way to study the material in more detail with space probes during the passage of Halley's and other comets during the next decade.

The mixing of disciplines appears to have been a focus of attention at the 17th General Assembly. Much of the scientific work performed by the Union is conducted through 38 Commissions, each charged with the task of pursuing particular fields of astronomy. At the Montreal meeting, a number of these commissions "cross-bred" their findings of recent years by engaging in joint discussions. Among the eight mixed commission presentations was a lively session on "The Search For Extra-terrestrial Life". Other interdisciplinary sessions included such topics as the Exploration of the Solar System, and observation of ultra-violet radiation from the heavens through the use of satellites, a relatively recent form of astronomy.

Among the notable figures giving addresses to the various IAU meetings, Dr. Gerhard Herzberg stressed the interplay of astronomy and spectroscopy, and Dr. Bart Bok of the Steward Observatory (University of Arizona) urged young astronomers to "play the whole piano" by developing skills in several branches of astronomy. □

Stephen A. Haines





Conseil national
de recherches Canada

National Research
Council Canada

Vol. 12, N° 1, 1980

ISSN 0036-830X

Cité dans l'Index de périodiques canadiens

Cette publication est également disponible
sous forme de microcopies.

SOMMAIRE

-
- 5 En route pour le Mauna Kea**
Un télescope voit le jour
-
- 11 L'énergie éolienne**
Peut-être achèterez-vous un jour
un de ces curieux "batteurs à
oeufs"
-
- 15 Le Kaimei**
Une collaboration internationale
pour exploiter l'énergie des
vagues
-
- 19 La fatigue en aéronautique**
Le Tracker à la torture
-
- 23 La vision artificielle**
Pour les astronautes et l'industrie
-
- 27 In memoriam**
Dr Léo Marion
(1899-1979)
-
- 29 La biomasse**
De l'énergie contenue dans les
plantes
-

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

Directeur Loris Racine

Rédacteur en chef Wayne Campbell

Rédacteur exécutif John Powers Rickerd

Conception graphique ACART Graphic Services

Coordonnatrice de la rédaction Patricia Montreuil



Pour la première fois au cours de ses 57 années d'existence, l'Union astronomique internationale a tenu son assemblée générale trisannuelle au Canada, à l'Université de Montréal. Plus de 2 000 astronomes du monde entier y ont assisté avant de participer à de nombreux autres symposiums, colloques et ateliers dans différentes villes de l'Amérique du Nord au cours de l'été. Ils ont parlé des amas stellaires (à Victoria, C.-B.), des particules solides du système solaire (à Ottawa), des étoiles binaires rapprochées (à Toronto), des molécules interstellaires (à Mont-Tremblant, Qué.) et de la convection et de la turbulence dans les atmosphères stellaires (à London, dans l'Ontario). Ottawa a d'autre part accueilli deux ateliers, l'un sur les transitions spectrales des radiosources et l'autre sur les radiosources stellaires.

Les particules microscopiques de l'espace interstellaire reçoivent une attention croissante car leur étude permet de découvrir des indices sur la formation de nouvelles étoiles, l'existence d'étoiles disparues et le mécanisme qui a conduit à la création de notre système solaire. Le sujet a rapidement gagné de l'importance au cours de la dernière décennie et attiré suffisamment d'attention pour devenir une discipline qui s'appelle l'"astrochimie".

On rencontre des environnements nettement distincts dans l'espace: ceux qui préservent l'intégrité des molécules et ceux qui la détruisent. Le froid spatial appartient à la première catégorie car il permet l'existence de molécules qui seraient détruites à proximité des étoiles ou dans l'environnement terrestre. La proximité des étoiles fait par contre de l'étude des particules une entreprise difficile, lente et incertaine dans l'état actuel de la technologie en raison du niveau élevé des radiations et des transferts d'énergie auxquels elles sont exposées. La création et l'identification de ces molécules en laboratoire constituaient le thème principal des discussions de Mont-Tremblant.

La poussière interplanétaire, dont on a parlé à Ottawa, a été suffisamment étudiée pour qu'on puisse la classer en divers types. La majeure partie de celle-ci a des origines cométaires alors que le reste est le produit de l'ablation météoritique. On en trouve des traces à la surface de la Terre, mais elle est probablement plus abondante dans les sédiments océaniques ou la haute atmosphère. Vestige de la formation du Soleil, cette poussière interplanétaire est une "capsule temporelle" pour les chercheurs qui se préparent à l'étudier plus en détail à l'aide de sondes spatiales au cours de la prochaine décennie, notamment pendant le passage de la comète de Halley.

Il semble que ce soit le caractère interdisciplinaire de ces recherches qui ait mobilisé l'attention au cours de cette 17^e assemblée générale. Une grande partie des travaux scientifiques de l'UAI est prise en charge par 38 commissions et des discussions conjointes ont permis à plusieurs d'entre elles de procéder au "croisement" de leurs dernières découvertes. Il y a eu huit présentations de commissions mixtes et en particulier une session très animée sur "La recherche de la vie extraterrestre". D'autres sessions interdisciplinaires se sont attaquées à des sujets variés comme l'exploration du système solaire et l'étude du rayonnement ultraviolet interstellaire à l'aide de satellites, forme relativement récente de l'astronomie.

Le Dr Gerhard Herzberg, une des personnalités de premier plan ayant prononcé des allocutions au cours des différentes réunions de l'UAI, a insisté sur les rapports existant entre l'astronomie et la spectroscopie, et le Dr Bart Bok, de l'Observatoire Steward (Université de l'Arizona), a encouragé les jeunes astronomes à "universaliser leurs connaissances" en acquérant des compétences dans plusieurs branches de l'astronomie. □

Texte français: Claude Devismes

A telescope is born

The road to Mauna Kea

No longer a far-off dream, the Canada-France-Hawaii Telescope was opened officially in September by representatives of the three partner governments. After five years of planning and construction, the highest major observatory in the world raised its eye to the stars.

Barely five years ago, the project was launched with a shovelful of coarse volcanic earth. Soon after ground-breaking, bulldozers began to level the tip of a barren cinder cone at the wind-swept crown of Mauna Kea, an extinct volcano on the island of Hawaii.

There, three partners had agreed to build a telescope. Canada would share most of the cost with France. The State of Hawaii would provide the site as well as support facilities already in place for smaller telescopes on the mountain. To coordinate the work, the Canada-France-Hawaii Telescope Corporation was formed from members of the partnership.

The pieces of the telescope would be made in different locations in Canada and France, then shipped to Hawaii and assembled on Mauna Kea. The site had been carefully chosen. To find the best location for the new observatory, engineers had done wind tunnel tests on a scale model of the mountain top. Turbulence studies on a small replica of the telescope building determined its ideal shape and height.

As work began, the months of deliberate planning were challenged by the hardships of construction on "White Mountain". Four thousand two hundred metres above the Pacific Ocean, the air is very thin. For workers acclimatized to sea-level conditions, it was slow going. Well into July, crusted snow lies in the frigid shadows of the cinder cones. Year round the temperatures hover near zero, whipped even lower against the faces and hands of construction crews by the summit winds.

Despite these harsh conditions, a thick concrete pier, the cylindrical

The historic sky portrait taken at "first light", the initial observation made with the new telescope. This globular star cluster in the constellation Hercules (referred to as M-13) was photographed on 11 August last year. (Photo: Canada-France-Hawaii Telescope Corporation)

Cette photo historique du ciel est la première image recueillie à l'aide du nouveau télescope. Cet amas globulaire d'étoiles dans la constellation d'Hercule (désignée par le sigle M 13) a été photographié le 11 août 1979. (Photo: Société du Télescope Canada-France-Hawaii)



Un télescope voit le jour En route pour le Mauna Kea

Ce n'est plus un rêve lointain; le Télescope Canada-France-Hawaii a été officiellement mis en service au mois de septembre par des représentants des trois pays participants. Après cinq années de planification et de construction, le plus élevé des grands observatoires du monde a enfin fixé son regard sur les étoiles.

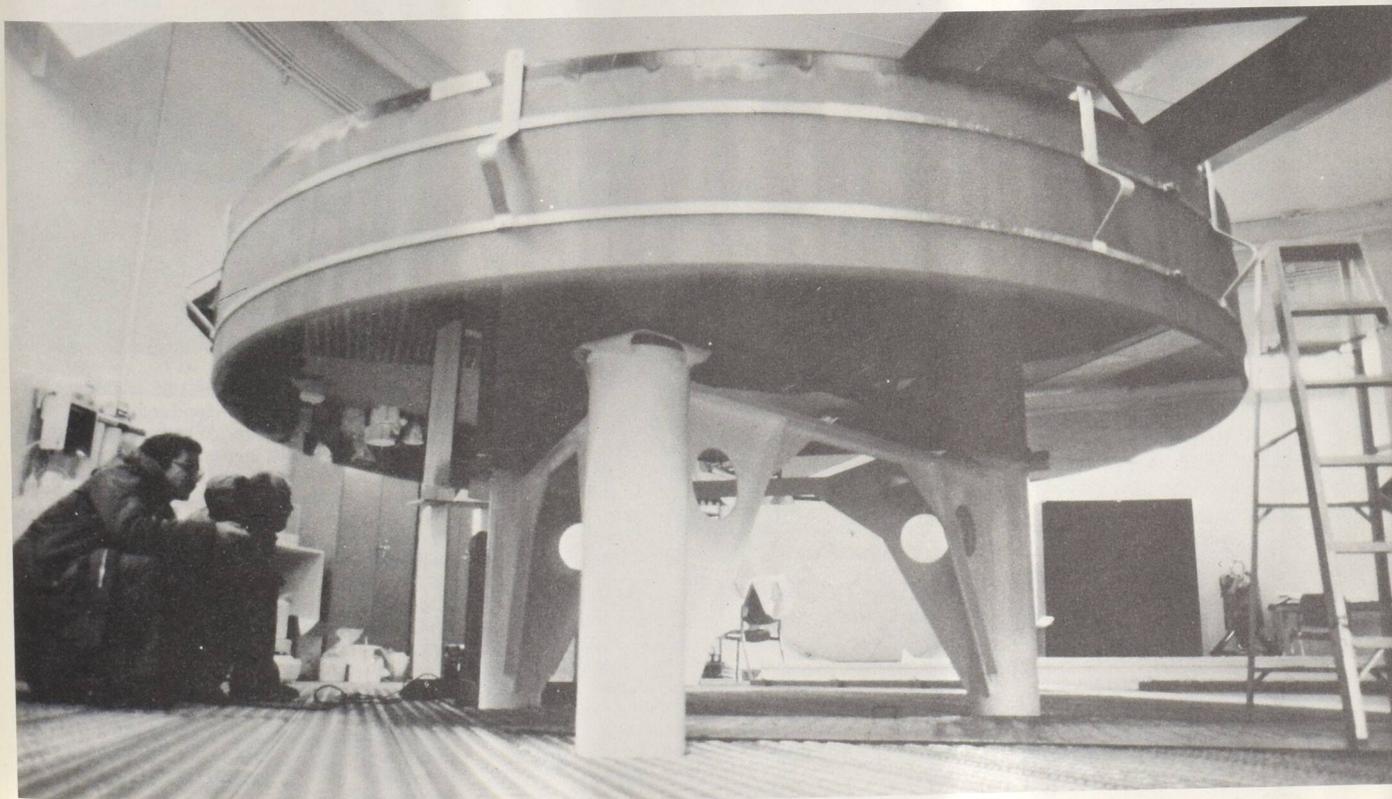
Il y a à peine cinq ans, un premier coup de pioche dans la terre volcanique épaisse marquait le lancement du projet de construction du télescope. Peu de temps après, le terrassement d'un cône de cendres dénudé et balayé par le vent commençait au sommet du Mauna Kea, volcan éteint de l'île d'Hawaii.

Après un long voyage de Victoria à Hawaii, le miroir primaire de 13 t repose sur un support dans une pièce située au-dessous de l'étage d'observation. À cet endroit, il subit les dernières mises au point avant d'être installé dans le télescope. Il est constitué d'une céramique spéciale appelée Cer-Vit. Cette matière, ressemblant à du verre, a la propriété de ne pas se déformer sous l'effet des variations de température. (Photo: W.J. Cherwinski)

After its long journey from Victoria, the 13 t primary mirror rests on a supporting platform in a room below the observing floor. Here, final preparations are made before it is installed in the telescope. Although it looks like glass, the mirror is really made of Cer-Vit, a special ceramic material which doesn't expand or contract with heat. (Photo: W.J. Cherwinski)

The finished main mirror, packed securely in its massive steel shipping crate, makes the bug-like crawl up Mauna Kea. (Photo: Canada-France-Hawaii Telescope Corporation)

Le miroir principal, soigneusement emballé dans une énorme caisse d'acier, est lentement transporté jusqu'au sommet du Mauna Kea. (Photo: Société du Télescope Canada-France-Hawaii)



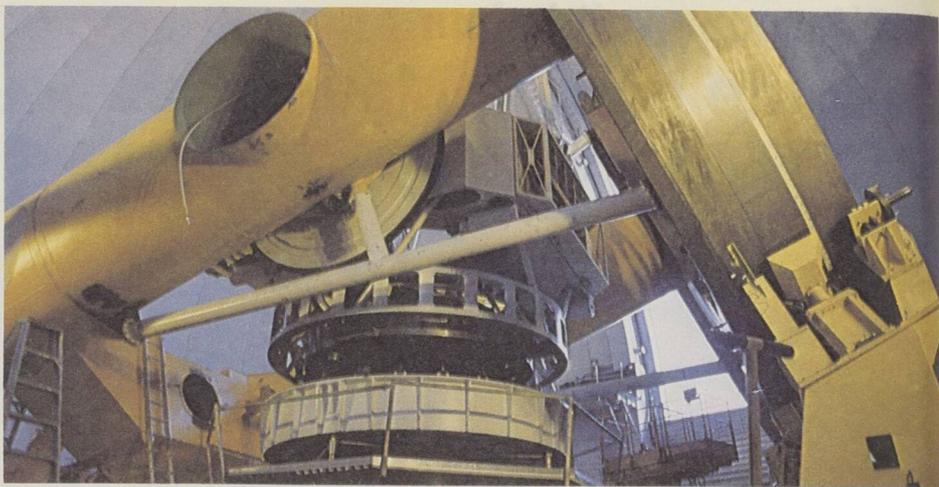
pedestal for the telescope, soon rose into the clear Hawaiian sky. Around it grew a criss-cross framework of metal beams, the rib cage for the building's white-colored steel skin which followed.

Next came the bulbous dome. The structure was designed in Vancouver and pre-fabricated in smaller sections at the workers' base camp part-way up the mountain. Then, one by one, like giant slices of orange peel, the 40 segments of the dome were sealed smoothly together over arching girders on the building. By 1976, the building and dome were complete. The working parts of the telescope would soon cross the oceans from Canada and France.

The heavy, moving parts of the telescope were being made in France. The teeth of the telescope's main driving gear were cut along the outer rim of a 77 t "horseshoe". This massive structure and all the other supporting components were carefully aligned and bolted together for testing at La Rochelle on the west coast of France. A mammoth plastic bubble was then inflated over the structure to serve as a makeshift dome. Inside, the whole assembly was connected to the Canadian-designed computer control system built to move and point the telescope. Then, tests were done on the movement of the telescope and the accuracy of the computer drive. For this dry run, a steel-and-concrete replica was used in place of the main mirror. Over several days of experiments and adjustments, the telescope performed just as engineers hoped it would. Finally, the assembly was taken apart, and the pieces put to sea for Hawaii, where they were re-assembled at the observatory.

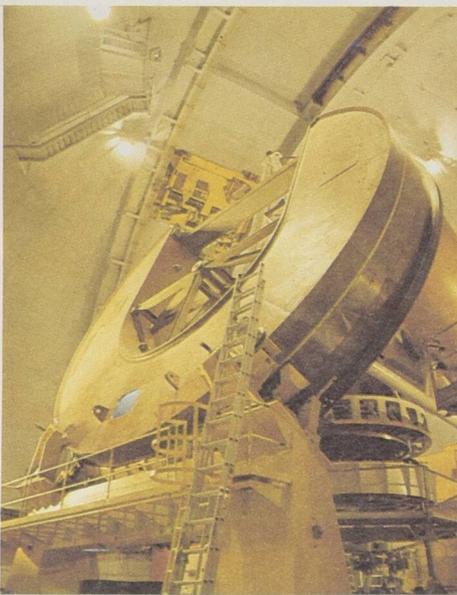
In Victoria, B.C., optical technicians were finishing the telescope's main mirror. The grinding process had lasted one whole year. All that time, the mirror rotated slowly, like a record on a giant turntable, under a huge, moving pyrex-covered tool. Separated only by a thin layer of abrasive liquid, the two components were rubbed together until the mirror's surface gradually assumed its correct shape. Two years of polishing followed. The mirror surface was caressed with fine cosmetic materials to a glassy-smooth sheen. In the end, after exacting tests on the mirror quality, master opticians pronounced it one of the finest ever made.

Early last year, it set sail for the Hawaiian port of Kawaihae, four hours by truck from the summit of Mauna Kea. Like each part before it, the mirror made the winding, bug-like crawl up the mountain slope. Inside the dome it was coated with a bright film



The horseshoe and the three enormous yellow beams are bolted together to form a square. The vertical seeing part of the telescope or "tube" is cradled inside. A Canadian-made computer drive system is used to point the assembly at different parts of the sky. The "tube" is tilted forward and back by engaging a circular gear located near the round opening on the side beam. Another gear, cut along the outer rim of the horseshoe, rolls the telescope to one side or another. The entire structure, weighing some 250 t moves with the accuracy of a fine clock. (Photo: W.J. Cherwinski)

Le fer à cheval et trois énormes poutres jaunes en acier sont assemblés à angle droit et fixés à l'aide de boulons. La partie verticale du télescope, appelée "tube", est logée à l'intérieur de sa structure. Le système de commande informatisé, conçu au Canada, permet d'orienter et de pointer le télescope dans différentes directions. Le "tube" peut être incliné vers l'avant ou vers l'arrière à l'aide d'un rouage d'entraînement circulaire situé près de l'ouverture circulaire dans la poutre latérale. Un autre rouage d'entraînement, solidaire du pourtour du fer à cheval, permet au télescope de pivoter d'un côté ou d'un autre. L'ensemble, pesant environ 250 t, se déplace avec la précision d'un chronomètre. (Photo: W.J. Cherwinski)



The 77 t horseshoe, at the so-called "north end" of the telescope, is supported by several brass-covered hydrostatic pads. When it rotates, the horseshoe rides smoothly on a thin film of oil, transmitting little vibration to the mirror. On most other telescopes, the gear drive for this kind of motion is located at the opposite end. The more elaborate CFHT system allows more accurate movement. (Photo: W.J. Cherwinski)

Le fer à cheval de 77 t, situé à l' "extrémité nord" du télescope, est supporté par plusieurs patins recouverts de bronze et flottant sur une mince couche d'huile qui atténue les vibrations lors de sa rotation. Dans la plupart des autres télescopes le rouage produisant ce type de mouvement est situé dans la partie opposée. Le système perfectionné utilisé dans ce télescope confère une précision supérieure aux mouvements. (Photo: W.J. Cherwinski)



The eye of the telescope, its 3.66 m primary mirror, looks up from the circular support "cell" below the yellow beams. Whether used horizontally or at different angles, the mirror lies on a bed of pressurized air pads which keeps it from distorting under its own weight. The same Canadian-designed system was used in Victoria to cushion the mirror during the grinding and polishing operations. (Photo: W.J. Cherwinski)

L'oeil du télescope, c'est-à-dire son miroir primaire de 3,66 m installé dans un barillet et situé sous les poutres jaunes, est dirigé vers le ciel. Quelle que soit sa position, le miroir repose sur des coussinets pneumatiques qui l'empêchent de se déformer sous son propre poids. Ce même système, conçu au Canada, a été utilisé à Victoria pour supporter le miroir lors des travaux de polissage et de meulage. (Photo: W.J. Cherwinski)

C'est à cet endroit que les trois nations ont décidé d'ériger un télescope. Il fut convenu que le Canada et la France partageraient la plus grande partie des frais et que l'État d'Hawaï fournirait le site et permettrait l'utilisation des installations de soutien déjà existantes, servant aux télescopes moins importants situés sur la montagne. Pour coordonner les travaux, les parties intéressées ont formé la Société du Télescope Canada-France-Hawaï.

Les pièces du télescope ont été fabriquées à différents endroits, au Canada et en France, puis expédiées à Hawaï et assemblées sur le Mauna Kea. Le site a été choisi avec soin, à l'aide d'essais en soufflerie d'un modèle réduit du sommet de la montagne. L'étude de l'effet de la turbulence sur une maquette du bâtiment du télescope a permis de déterminer la forme et la hauteur que devait avoir cette structure.

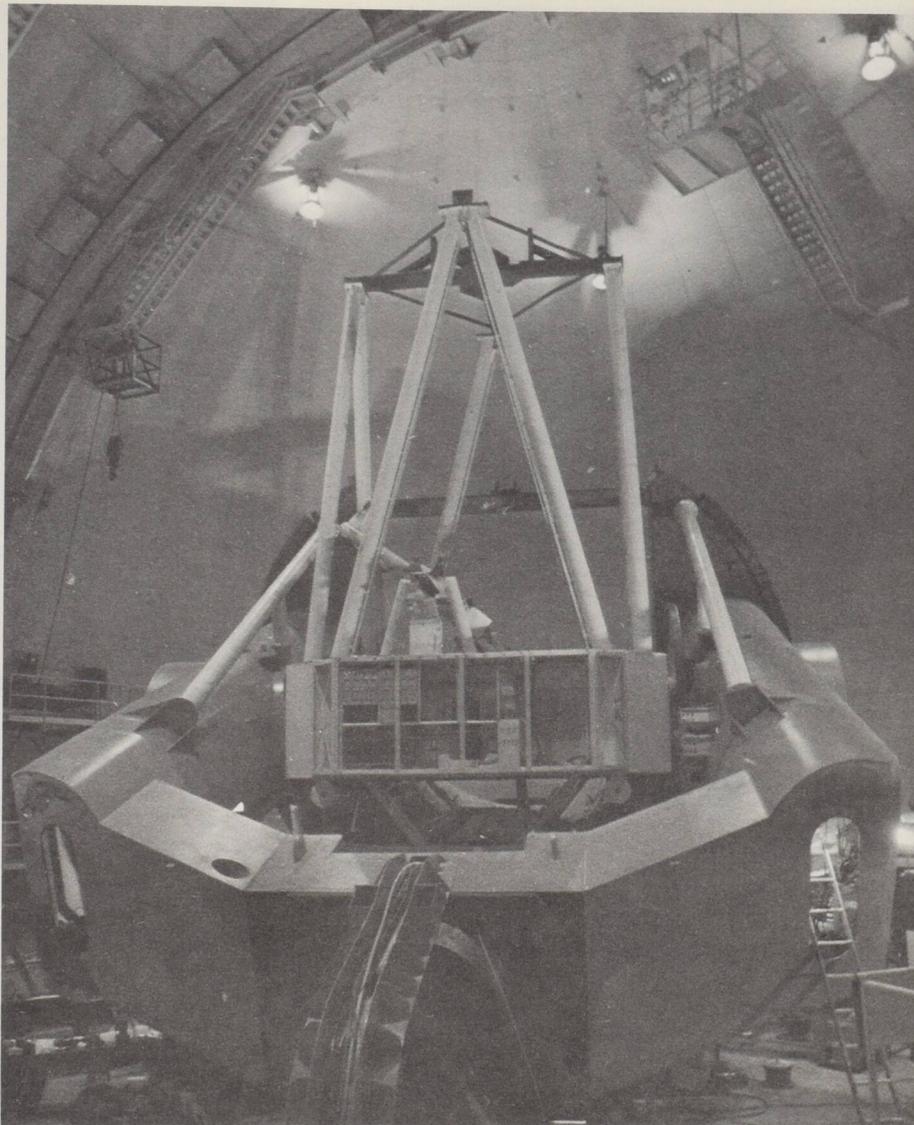
Dès le début des travaux de construction sur la "Montagne Blanche", des difficultés ont été éprouvées. Au niveau du chantier, à 4 200 m au-dessus du Pacifique, l'air est raréfié. Pour des ouvriers habitués à vivre au niveau de la mer, ces conditions sont pénibles. Même au mois de juillet, des croûtes de neige recouvrent l'ombre glaciale des cônes de cendres. À l'année longue, la température est proche de 0°C, et l'effet du froid sur le visage et les mains des ouvriers est intensifié par les vents au sommet de la montagne.

Malgré ces conditions très rigoureuses, un épais pilier de béton, servant de socle cylindrique au télescope, se dressait bientôt dans le ciel clair d'Hawaï. Autour de lui grandissait une charpente de poutres métalliques entrecroisées, squelette du bâtiment d'acier blanc qui allait bientôt suivre.

Ce fut alors le tour de la coupole. Celle-ci fut conçue à Vancouver et les sections qui la constituaient furent préfabriquées au camp de base situé sur le flanc de la montagne. Puis, une à une, telles des quartiers d'orange géants, quarante sections de la coupole furent assemblées avec précision au-dessus d'une ferme en arc sur le bâtiment. En 1976, le bâtiment et la coupole étaient achevés. Les divers éléments du télescope devaient bientôt arriver du Canada et de France par bateau.

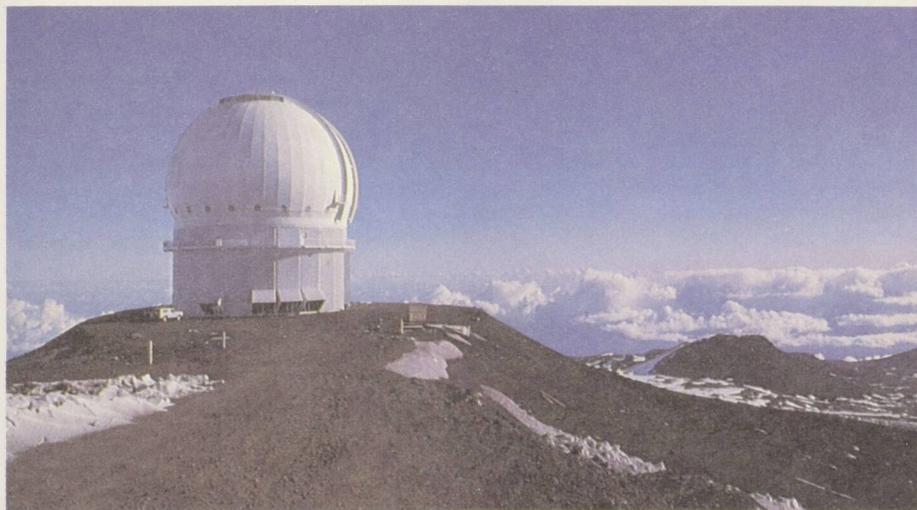
La coupole du nouveau télescope, juchée sur un cône de cendres volcaniques au sommet enneigé du Mauna Kea. Surplombant une mer de nuages, ce site culmine au-dessus du Pacifique. (Photo: W.J. Cherwinski)

The dome of the new telescope, perched on a volcanic cinder cone at the snowy peak of Mauna Kea. A whipped-cream sea of clouds drifts below the summit, the highest point of land in the Pacific Ocean. (Photo: W.J. Cherwinski)



The white framework of the 106 t "tube" (centre) stretches skyward above the "south end" of the telescope. For different kinds of astronomy, one of several interchangeable sections can be attached to the top of this structure. These pieces are hoisted into position with special cranes, which ride along the curved track (top) arching across the ceiling of the dome. (Photo: W.J. Cherwinski)

La charpente blanche du "tube" de 106 t (au centre) s'élance vers le ciel au-dessus de l' "extrémité sud" du télescope. Selon les besoins, plusieurs pièces interchangeables peuvent être fixées à l'extrémité de la structure. Ces pièces sont mises en place à l'aide de grues spéciales se déplaçant le long de rails recourbés (partie supérieure) parcourant la voûte de la coupole. (Photo: W.J. Cherwinski)



of aluminum, then set in place in the newly-assembled telescope. With this last emplacement the main components functioned as a unit, thus readying the telescope for its first observation.

In the months to come, as more instruments (advanced spectrographs, photometers and other optics) are installed, the telescope will approach its full observing potential. Surrounded by still, dry air, and cloudless skies, the location is one of the best in the world for optical and infrared astronomy.

The size of the mirror alone gives scientists an instrument with twice the diameter and four times the light collecting area of any telescope now operated in Canada or France. Canadian and

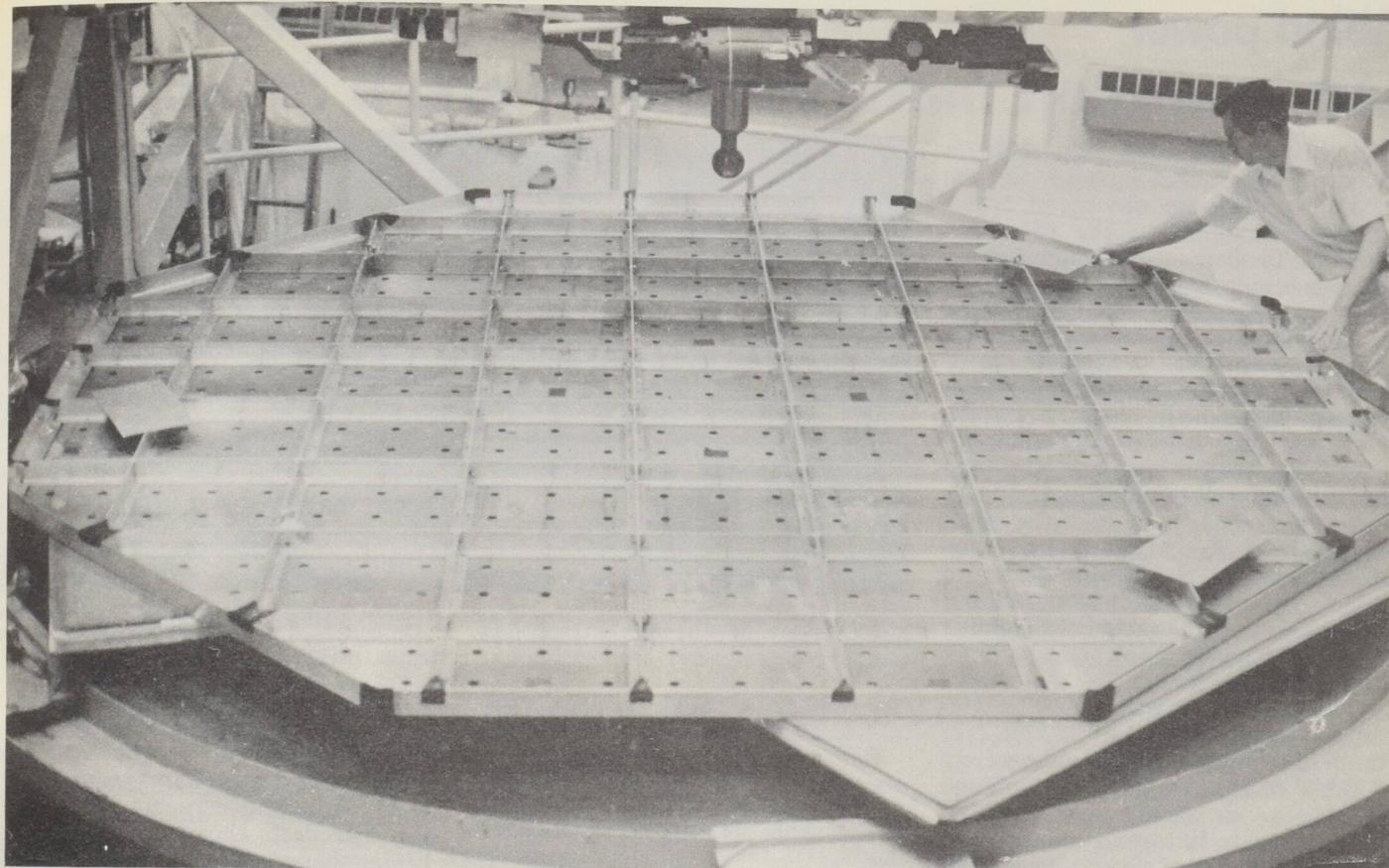
French astronomers are sharing most of the observing time while a smaller portion is being allotted to the University of Hawaii. □

Wally Cherwinski

The secondary mirror, 1.5 m in diameter, was made in Victoria with the same exacting care and attention as the larger one. Bruce Dancey, one of several optical craftsmen who ground and polished the mirror, examines its glassy-smooth surface. (Photo: W.J. Cherwinski)

Le miroir secondaire de 1,5 m de diamètre a été fabriqué à Victoria avec les mêmes soins et la même précision que le miroir primaire. Bruce Dancey, l'un des nombreux opticiens qui ont travaillé au meulage et au polissage du miroir, examine sa surface lustrée. (Photo: W.J. Cherwinski)





La lourde monture du télescope a été fabriquée en France. Les dents du rouage d'entraînement principal du télescope furent découpées le long du pourtour du fer à cheval de 77 t. Cette structure massive et toutes les autres pièces de soutien furent assemblées avec soin et boulonnées, puis soumises à des essais à La Rochelle, sur la côte ouest de la France. Une énorme enceinte gonflable, faisant fonction de coupole provisoire, fut érigée au-dessus de la structure. À l'intérieur de cette enceinte, l'ensemble fut relié au système de commande informatisé conçu au Canada et permettant d'orienter et de pointer le télescope. Des essais ont alors été effectués en vue de déterminer l'amplitude des mouvements du télescope et la précision de l'ordinateur, un disque d'acier et de béton remplaçant le miroir principal. Pendant plusieurs jours, le télescope fut soumis à toute une gamme d'expériences et d'ajustements, et fonctionna comme prévu. Finalement, l'ensemble fut démonté, les pièces furent expédiées par bateau à Hawaii et réassemblées à l'observatoire.

À Victoria, dans la Colombie-Britannique, des opticiens achevaient le façonnage du miroir principal du télescope. Son meulage avait duré une année entière. Pendant tout ce temps, un microsillon sur un tourne-disque géant, le miroir tournait doucement sous un énorme outil abrasif revêtu de

At NRC's Dominion Astrophysical Observatory in Victoria, this waffle-like structure, called a "Hartmann screen", was built for final tests of the primary mirror. Opticians found the mirror to be one of the finest ever made. As an indication of its quality, it could enable the new telescope to make out both eyes of a person standing 20 km away or even pick up the beam of a flashlight on the darkened side of the moon. (Photo: W.J. Cherwinski)

Pyrex. Celui-ci, séparé du miroir par une fine couche de liquide abrasif, meula sa surface jusqu'à ce qu'elle ait acquis le profil désiré. Deux années de polissage ont suivi. La surface du miroir fut lissée et polie avec une fine poudre d'oxyde de fer jusqu'à ce qu'elle atteigne un lustre de glace. Après avoir vérifié soigneusement la qualité du miroir, des spécialistes déclarèrent qu'il s'agissait là de l'un des meilleurs miroirs de télescope jamais construits.

Il fut expédié par bateau, au début de l'année dernière, au port de Kawaihae, situé à quatre heures de camion du sommet du Mauna Kea. Tout comme les autres pièces du télescope, le miroir a dû être transporté le long des chemins tortueux conduisant jusqu'au sommet de la montagne. À l'intérieur de la coupole, le miroir a été revêtu d'une couche luisante d'aluminium puis installé dans le télescope nouvellement assemblé. À la suite de cette dernière mise au point les pièces principales pouvaient fonctionner comme un tout et le téles-

À l'Observatoire fédéral d'astrophysique du CNRC, situé à Victoria, cette structure rappelant une gaufre et appelée "écran de Hartmann" a été construite pour faciliter les derniers examens du miroir primaire. Les opticiens ont déclaré qu'il s'agissait là d'un des plus remarquables miroirs jamais construits. Grâce à sa haute qualité, il pourrait permettre au télescope de distinguer les deux yeux d'une personne située à 20 km de là, ou de détecter la lumière d'une lampe de poche sur la face non éclairée de la Lune. (Photo: W.J. Cherwinski)

cope était prêt à recevoir les premières images du ciel.

Dans les mois à venir, à mesure que de nouveaux instruments seront installés (des spectrographes, des photomètres et d'autres instruments optiques de pointe), la capacité d'observation du télescope sera améliorée. Baigné d'air calme et sec sous un ciel dégagé, ce site est l'un des plus favorables au monde pour les observations astronomiques dans la partie visible du spectre ou dans l'infrarouge. Le miroir, qui possède deux fois le diamètre et quatre fois la surface de captation de tout autre instrument actuellement en service au Canada ou en France, représente pour les scientifiques un instrument de très grande valeur. Cette installation sera utilisée par des astronomes canadiens et français qui se partageront la plus grande partie du temps d'observation et, dans une moindre mesure, par des astronomes de l'Université d'Hawaii. □

Texte français: Annie Hlavats

Wind power

An invention matures

On the morning of 6 July, 1978, a Hydro-Québec crew arrived for the day's work at the site of an experimental windmill on the Magdalen Islands. To their surprise, and dismay, the egg-beater shaped wind turbine was turning. Because its main brake had been disconnected for maintenance, the only way to halt the spinning rotor now was to use its aerodynamic brakes — flaps hinged on its blades. But as the crew watched, helpless, the flaps ineffectively banged open and shut, and the turbine picked up speed. It was spinning at more than twice the maximum speed for which it had been designed when the blades began to strike one of the supporting cables. Within seconds the cable broke, and at 10:19, the entire rotor, still turning, crashed to the ground.

The fallen wind turbine was the largest and most powerful of its kind ever built: in strong winds, it could generate 230 kW of electrical power — enough in theory to satisfy the needs of approximately 50 average households, provided none used electric space heating. When the wind was not blowing, all the power needs of the 13,000 islanders were supplied by burning diesel fuel, shipped at considerable expense from the mainland. When the wind blew, some fuel was saved, for wind energy was converted into electri-



Georges Darrieus, inventor of the vertical axis turbine, in his Paris study. (Photo: Albert Watts, IREQ)

Georges Darrieus, inventeur de l'éolienne à axe vertical, dans son bureau à Paris. (Ph. Albert Watts, IREQ)

city, and fed through the local power grid to all the island homes.

Can wind energy economically supplement conventional energy sources in

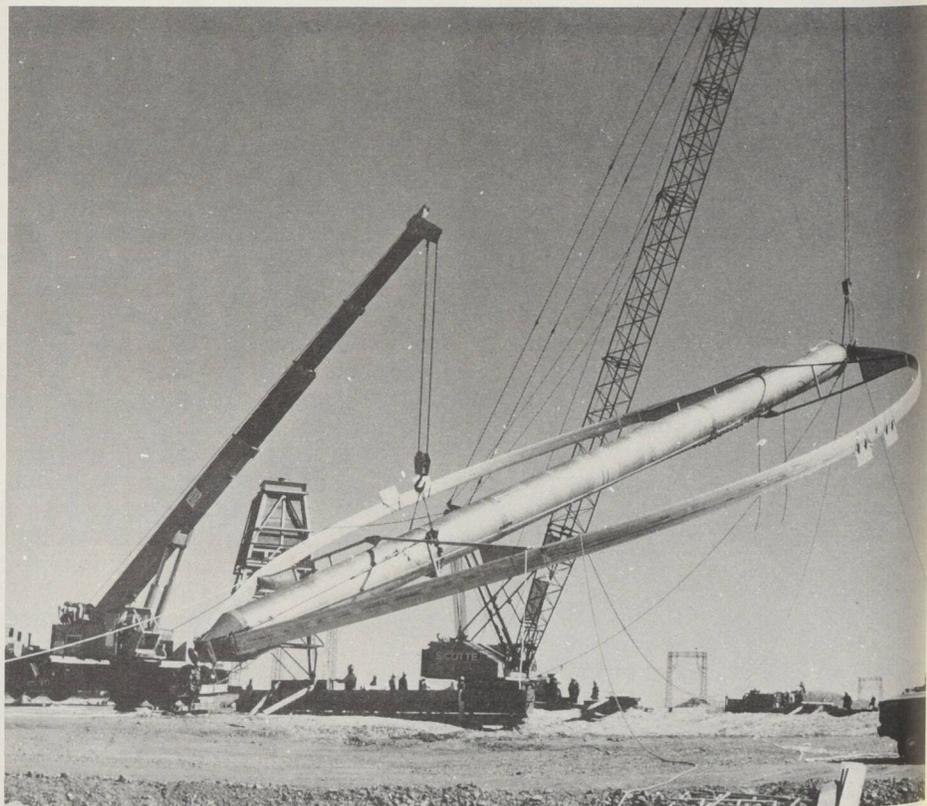
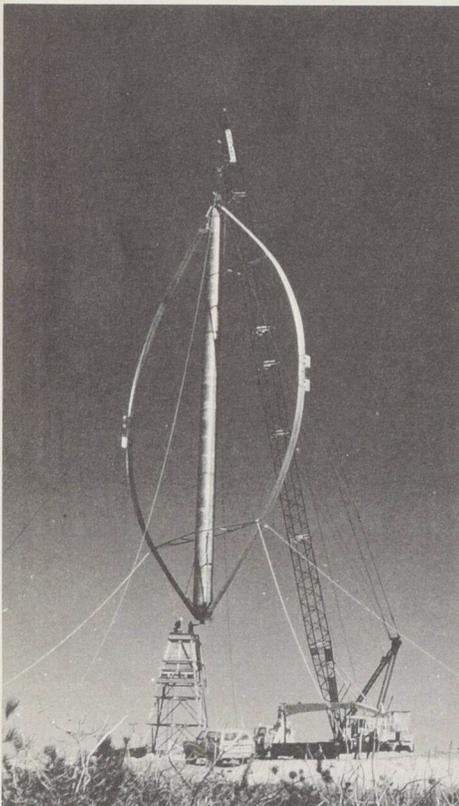
Erection of the Magdalen Islands windmill on May 18, 1977. The turbine, with blades outlining a loop 37 m high and 24 m wide, is designed to deliver 200 kW of electric power into the local grid. (Photo: Karl Sliva)

Mise en place de l'éolienne des îles de la Madeleine le 18 mai 1977. Cet aérogénérateur, dont les pales forment une boucle de 37 m de hauteur et de 24 m de largeur, fournira 200 kW au réseau local. (Ph. Karl Sliva)

remote and windy locations? This was the main question which the interrupted experiment on the Magdalen Islands was designed to answer.

As well, the experiment was providing practical experience with egg-beater-shaped wind turbines, a radical departure from the traditions of windmill design.

Windmills are among the simplest and earliest of man's inventions. For well over a thousand years, they have been performing tasks such as pumping water and grinding grain. Their



L'énergie éolienne

L'évolution d'une invention

En arrivant aux îles de la Madeleine le matin du 6 juillet 1978 pour commencer une journée de travail à l'emplacement d'une éolienne expérimentale, une équipe de l'Hydro-Québec devait constater avec surprise et désarroi que cet aérogénérateur, rappelant un batteur à oeufs, était en marche. Comme son frein principal avait été démonté pour entretien, il ne restait d'autre solution pour arrêter la rotation du rotor que d'utiliser ses freins aérodynamiques, c'est-à-dire des volets articulés sur les pales. Ils ne purent qu'assister, impuissants, au déploiement et à la rétraction erratiques des volets et à l'augmentation de la vitesse de rotation du rotor. Celle-ci dépassait le double de la vitesse maximale théorique lorsque les pales commencèrent à frapper l'un des haubans, entraînant sa rupture en quelques secondes et, à 10 h 19, le rotor, qui tournait encore, s'écrasait au sol.

Cette éolienne était la plus grande et la plus puissante de ce type jamais construite dans le monde. Par vents

forts, elle pouvait produire 230 kW d'énergie électrique, soit une énergie suffisante pour couvrir les besoins d'environ 50 foyers moyens, à la condition toutefois qu'aucun de ceux-ci ne soit chauffé à l'électricité. En absence de vent, l'énergie nécessaire aux 13 000 insulaires était fournie par du mazout amené à grands frais du continent. Lorsque le vent soufflait, on pouvait économiser un peu de combustible en convertissant l'énergie éolienne en électricité qu'on injectait dans le réseau électrique alimentant les habitations des îles.

Le vent peut-il être utilisé rentablement comme source d'énergie d'appoint dans les régions isolées et bien exposées? C'est principalement pour répondre à cette question que

Vue aérienne de l'éolienne des îles de la Madeleine après l'accident. Elle a été depuis remise en état de marche. (Ph. Jack Templin, ÉAN)

Aerial view of the fallen Magdalen Islands windmill. It has since been restored to working order. (Photo: Jack Templin, NAE)

l'éolienne expérimentale des îles de la Madeleine avait été conçue.

Ces essais permettaient par la même occasion d'acquérir de l'expérience avec les éoliennes à axe vertical, dont la conception diffère radicalement de celle des machines traditionnelles.

Le moulin à vent compte parmi les plus anciennes et les plus simples des inventions humaines. On s'en est servi pendant plus d'un millier d'années pour pomper de l'eau et moudre du grain. Sa lente évolution a été marquée par une révolution mineure au cours des premières décennies de ce siècle lorsque Georges Darrieus, ingénieur français, faisait breveter une éolienne d'un type totalement nouveau. Au lieu de tourner autour d'un axe horizontal à la manière d'une hélice d'avion, son rotor (constitué de deux pales à profil d'aile) tourne autour d'un axe vertical, et c'est ce qui donne ce curieux aspect de batteur à oeufs géant à l'ensemble.

Darrieus n'a pas trouvé le temps de développer son invention car il travaillait sur des machines de type plus clas-



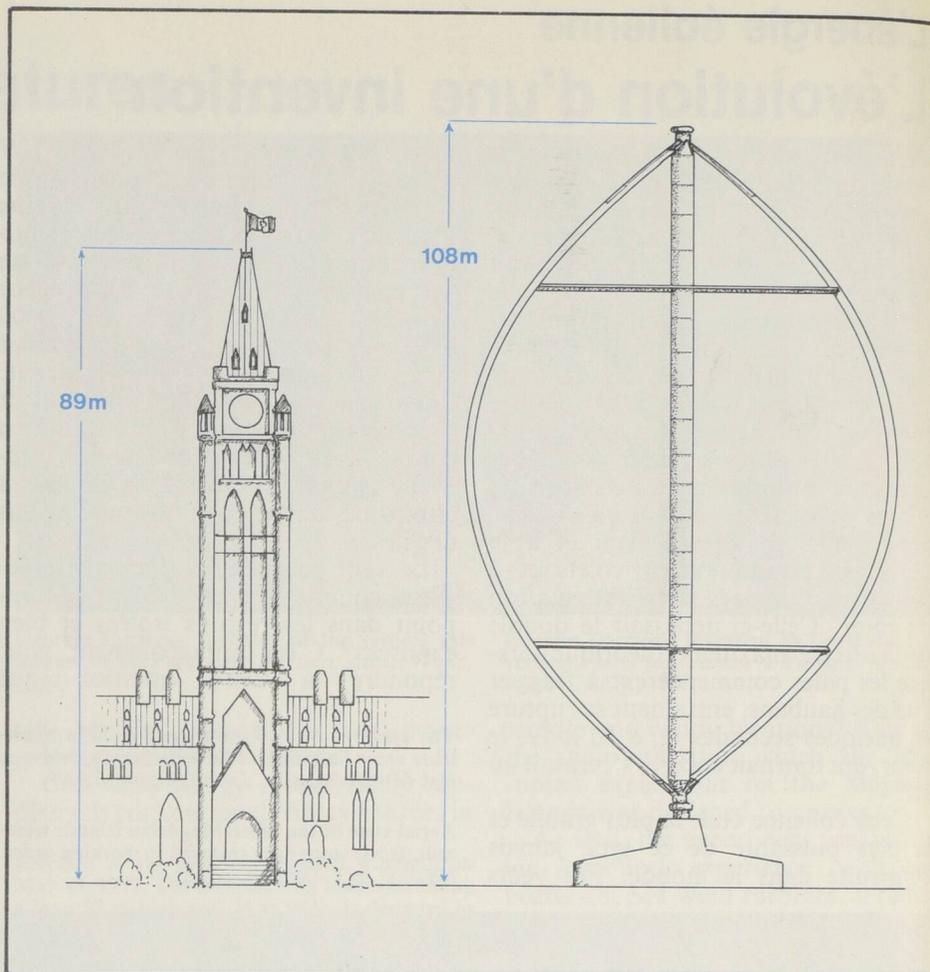
slow evolution experienced a minor revolution in the early decades of this century. Georges Darrieus, a French engineer, patented a completely new kind of windmill. Rather than spinning like an airplane's propeller, around a horizontal axis, its blades curve up and around a vertical axis giving the Darrieus rotor the curious look of a giant egg-beater.

Darrieus did not have time to develop his idea; he was busy with more conventional wind turbines. And so it was forgotten until the 1960s, when two National Research Council engineers, Raj Rangi and Peter South, re-discovered it.

Mathematical analysis and wind tunnel tests confirmed the original intuition of all three inventors: the device was efficient, strong and mechanically simple. Unlike conventional propeller-type windmills, for instance, it did not need any mechanism to point it into the wind. Darrieus rotors have been extensively explored and developed since then, not only by NRC, the pioneer agency in the field, but by researchers in other countries as well.

Data are coming in from a number of sites across Canada. Fifty kilowatt Darrieus turbines (scaled-down versions of the Magdalen Islands prototype) are feeding electricity into power lines in Newfoundland and Saskatchewan, for example, and utility companies in at least three other provinces are considering similar experiments. These machines are constructed by DAF Indal Ltd., a Toronto area firm which has been developing commercial versions of the Darrieus wind turbine with NRC support. In Winnipeg, Bristol Aerospace Ltd., also with NRC support, has been developing rugged turbines for charging batteries in hostile environments; the prototype of Bristol's line of wind turbines powered an automatic weather station adrift on the Arctic pack ice.

What has been learned in these experiments? That tapping the energy blowing in the wind is a tricky business. The Magdalen Islands turbine is not the only one to have failed. In May '79, a 50 kW turbine in Saskatchewan also collapsed and many pioneering machines in other countries have met similar fates. But this should not be surprising. Wind energy system designers are at the stage that aircraft designers had reached in the decade after the Wright brothers made their celebrated first flight at Kitty Hawk. That was the decade during which almost every second machine that took to the air crashed. As in the case of the early days of aviation, wind energy pioneers are educating themselves in the school of hard knocks.



In 1983, NRC and Hydro-Quebec intend to build a wind turbine 108 m high, a structure taller than Ottawa's Peace Tower. The \$18 million windmill will generate 3.8 MW of power.

(Drawing: John Bianchi)

Le CNRC et l'Hydro-Québec ont l'intention de construire en 1983 une éolienne de 108 m de haut, donc d'une hauteur supérieure à celle de la tour de la Paix à Ottawa. Cet aérogénérateur de 18 millions de dollars produira 3,8 MW.

(Dessin de John Bianchi)

But they are confident in the Darrieus rotor. Investigations of the failures in Canada have not revealed any flaws in the basic design concept. Technical details in the Saskatchewan and Magdalen Islands machines have been improved, and both have been recommissioned and put back into service.

Uncertainties about wind energy remain, but they concern economics rather than technology. Wind energy is costly. Can we afford it?

One factor contributing to its high cost is the notorious fickleness of the wind. If you are going to depend solely on wind for power, you need some way of storing its energy for use when it is not blowing — and energy storage is extremely expensive. Most of the experiments now under way in Canada avoid this problem. They use the wind to supplement power from another source, thus saving fuel. The figures for the remote and windy Magdalen Islands confirm that fuel-saving probably is the most economic way to use wind power: a kilowatt hour generated by the wind costs less than one gener-

ated by burning diesel fuel.

Of all the studies conducted by and for NRC, one of the most intriguing has shown that the cost of wind generated energy would be at a minimum for a really large machine. Negotiations for building a Darrieus turbine which is taller than Ottawa's Peace Tower and could generate 3.8 MW — enough to supply some six to seven hundred households — are completed and the project is now awaiting Treasury Board approval. The cost of the proposed machine, \$18 million, would be shared by NRC and Hydro-Québec, and it would be built in 1983 in Québec.

Even more ambitious schemes are being discussed by wind power specialists: they talk of energy "farms", on which dozens of turbines harvest the wind and feed its energy into the electrical grid that criss-crosses the country. A modest fraction of your energy needs could be supplied, in the future, by huge spinning "egg-beaters". □

Séan McCutcheon

sique, et c'est la raison pour laquelle elle est tombée dans l'oubli jusqu'à ce que deux ingénieurs du Conseil national de recherches, Raj Rangi et Peter South, lui redonnent vie, au cours des années soixante.

L'analyse mathématique et des essais en soufflerie devaient confirmer les prévisions des trois inventeurs qui avaient entrevu le bon rendement, la robustesse, et la simplicité mécanique de la machine. Contrairement aux aérogénérateurs à hélice, pour ne citer qu'un exemple, elle n'a pas besoin d'un mécanisme pour l'orienter face au vent. Les rotors Darrieus ont été depuis minutieusement étudiés et améliorés, non seulement par le CNRC, organisme qui a fait oeuvre de pionnier dans ce domaine, mais également par des chercheurs d'autres pays.

On recueille actuellement des données provenant de différents sites d'essais canadiens. Des éoliennes Darrieus de 50 kW (modèles moins puissants que le prototype des îles de la Madeleine) sont reliées aux réseaux électriques de Terre-Neuve et de la Saskatchewan et des compagnies d'électricité d'au moins trois autres provinces envisagent de se livrer à des essais similaires. Ces machines sont construites par DAF Indal Ltd., compagnie de la région de Toronto, qui, avec l'aide du CNRC, en fabrique des versions commercialisées. À Winnipeg, Bristol Aerospace Ltd., qui bénéficie également de l'aide du CNRC, a travaillé à

la mise au point de turbines robustes pour charger des batteries dans les régions où les conditions climatiques sont sévères; le prototype d'une série d'éoliennes fabriquées par Bristol a assuré l'alimentation d'une station météorologique dérivant sur la banquise arctique.

Quels enseignements a-t-on tiré de ces essais? Que l'exploitation de l'énergie éolienne est une entreprise difficile! L'aérogénérateur des îles de la Madeleine n'est pas le seul qui ait été accidenté. En mai 1979, une turbine de 50 kW implantée dans la Saskatchewan s'est également effondrée et de nombreux prototypes étrangers ont connu le même sort. Il n'y a là rien de très surprenant. Les ingénieurs spécialistes en génie éolien en sont au stade où en étaient ceux de l'aéronautique dans la décennie qui a suivi le premier vol historique des frères Wright, à Kitty Hawk. Ce fut également la décennie où un avion sur deux qui prenaient l'air s'écrasait. Comme au début de l'aviation, les pionniers de l'énergie éolienne se forment à rude école.

Mais le rotor Darrieus leur inspire confiance. Les études menées par les spécialistes canadiens n'ont révélé aucune faiblesse de conception. Les machines utilisées dans la Saskatchewan et aux îles de la Madeleine ont bénéficié d'améliorations techniques; elles ont subi des essais de réception satisfaisants et ont été remises en service.

Si des incertitudes demeurent au sujet de l'énergie éolienne elles sont plutôt de nature économique que technique. Il s'agit d'une énergie coûteuse. Avons-nous les moyens de nous l'offrir?

Un des facteurs qui contribuent à son coût élevé est l'irrégularité bien connue du vent. Si l'énergie éolienne est la seule énergie disponible il faut absolument trouver un moyen de la stocker lorsque le vent ne souffle pas, et ce stockage est extrêmement coûteux. Dans la majeure partie des essais actuellement en cours au Canada ce problème ne se pose pas car on ne se sert du vent que comme énergie d'appoint, économisant ainsi du combustible. Les données recueillies sur ces îles isolées et venteuses que sont les îles de la Madeleine confirment que les économies de combustible constituent probablement l'utilisation la plus économique de l'énergie éolienne du fait que la production d'un kilowatt-heure par ce moyen y coûte moins cher que celle d'une même quantité d'électricité obtenue avec du mazout.

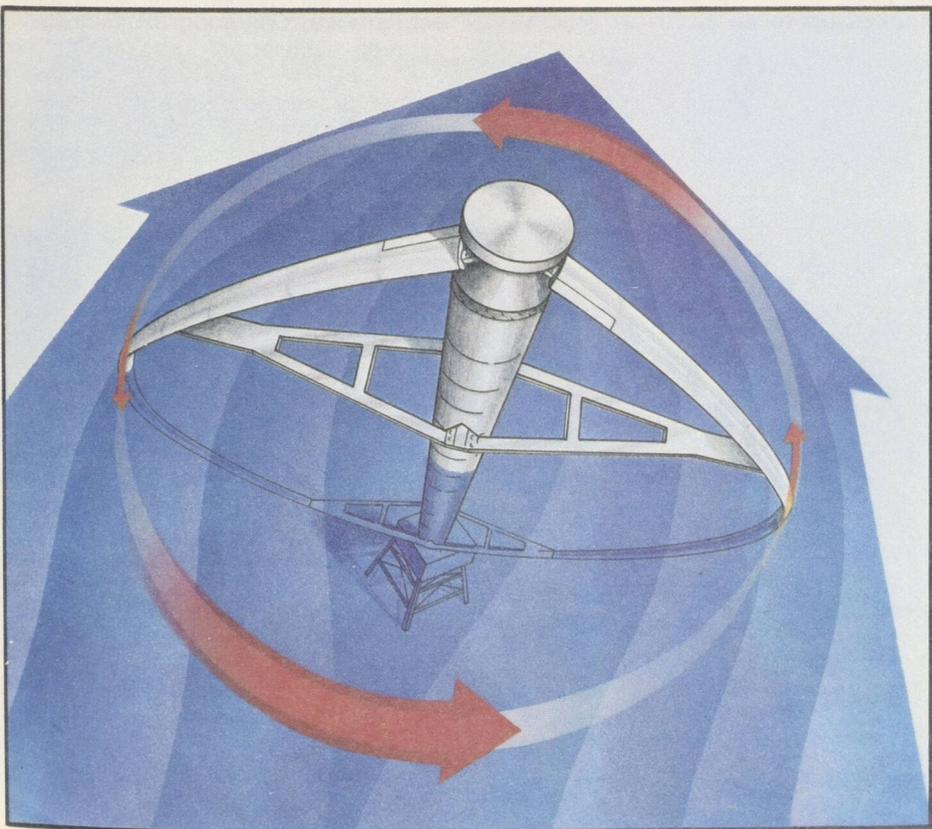
De toutes les études faites par et pour le CNRC, l'une des plus intéressantes montre que c'est avec une machine de très grandes dimensions que l'énergie éolienne coûterait le moins cher. Des négociations en vue de la construction d'un aérogénérateur Darrieus dépassant en hauteur la tour de la Paix d'Ottawa, et dont la puissance atteindrait 3,8 MW (ce qui est suffisant pour alimenter six à sept cents foyers en électricité), sont terminées et le projet attend l'approbation du Conseil du Trésor. Le coût de la machine envisagée serait de 18 millions de dollars et le CNRC et l'Hydro-Québec se le partageraient. Elle serait construite en 1983 dans le Québec.

Des spécialistes parlent même de projets plus ambitieux puisqu'ils envisagent des "parcs énergétiques" avec des douzaines d'aérogénérateurs reliés au réseau électrique couvrant l'ensemble du Canada. Il n'est donc pas impossible que, à l'avenir, une modeste partie de vos besoins en énergie soit couverte par la mise en oeuvre d'immenses "batteurs à oeufs". □

Texte français: Claude Devismes

Représentation graphique de ce qui fait tourner le rotor de l'éolienne. La portance résultant des forces (flèches rouges) exercées par le vent sur les pales est convertie en mouvement rotatoire, la puissance maximale étant atteinte lorsque le vent attaque les pales de plein fouet. (Dessin de John Bianchi)

A graphic visualization of what makes the windmill's blades turn. The portance resulting from the forces (red arrows) applied by the wind on the blades create a lifting force which is translated into rotational motion — the forces being greater when the wind meets the blades almost broadside. The intermittent nature of the forces tend to whip the blades around. (Artist: John Bianchi)



The Kaimei

Tapping wave energy

Under the auspices of the International Energy Agency, Canada, the United States, the United Kingdom, Ireland and Japan have launched an ambitious test program aimed at harnessing the energy of ocean waves.

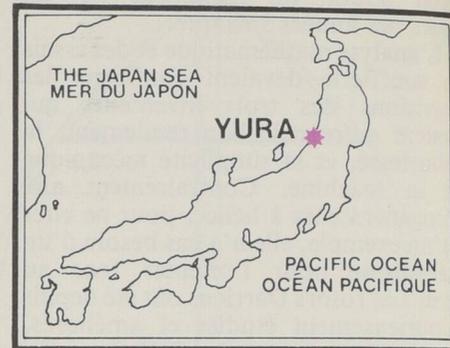
The regular, and sharp price increases in oil (it sold for \$3.00 a barrel only six years ago) reflect the stark, new reality of our times: the Western economy is heavily dependent on convenient, abundant oil, a situation that threatens to become critical as demand outstrips supplies and market forces push prices to stratospheric levels.

Although Canada has been blessed with substantial oil and gas resources, these finite supplies are dwindling and we now have to import 14 per cent of our oil at an annual cost that exceeds one billion dollars. Clearly, this dangerous dependence on imported oil must be reduced, both through the introduction of conservation measures and the development of new energy sources.

In 1975, when the Canadian government moved to increase energy-related research and development, the National Research Council was made responsible for coordinating work on renewable energy sources. Since then, NRC has launched several research projects aimed at evaluating a wide

variety of renewable energy sources. One of these, not so well known as energy from the sun and the wind, is a derivative of these — wave power. For the past few years, scientists at the Hydraulics Laboratory of the Division of Mechanical Engineering have turned their attention to waves. More recently, they joined forces with colleagues from the UK, the USA, Ireland and Japan to prepare for an international wave energy experiment, under the auspices of the International Energy Agency.

The system involved in the study utilizes wave power to compress air for driving a turbine, which in turn is coupled to an AC generator. Installed in a ship-like buoy moored 3.5 km off the fishing village of Yura in the Sea of Japan, the prototype (called the Kaimei) was designed by the Japanese Marine Science and Technology Centre (JAMSTEC). Pioneered in 1965 by Japanese scientist Yoshio Masuda, the Kaimei is an advanced design originally used on self-powered navigational buoys in Japanese waters. Within the vessel are vertical chambers open to the sea at the bottom: the column of water inside the chambers responds to local wave motion, rising and falling, alternately pumping and sucking air through a low pressure air turbine hooked up to an electrical generator.



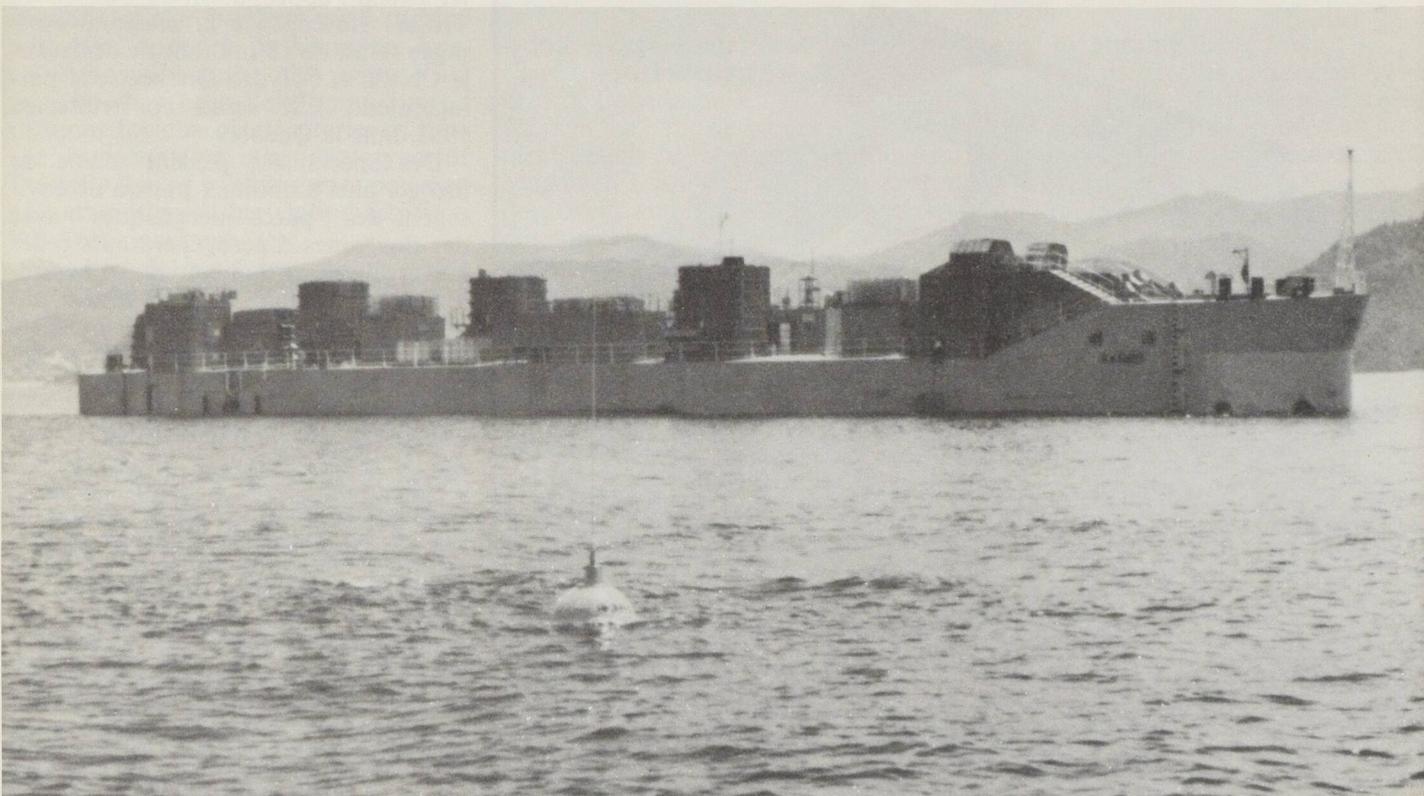
Map of Japan

Carte du Japon

While earlier navigational buoys produced approximately 100 watts in this fashion, the Kaimei, measuring 80 m long by 12 m wide, is designed to ultimately generate up to two million watts of electrical power. It was constructed in 1977 at the Aioi Shipyard of Ishikawajima Harima Heavy Industries Co. (IHI), following preliminary scale model experiments performed at the Japanese Marine Science and Technology Centre.

A recent photograph of the Kaimei anchored in the sea of Japan off the fishing village of Yura, ready for the 1979/80 test program. (Photo: Japan Marine Science and Technology Centre)

Photographie prise au début du programme d'essais de 1979-80 et montrant le Kaimei ancré dans la mer du Japon, au large du village de pêcheurs de Yura. (Photo: Japan Marine Science and Technology Centre)



Le Kaimei

Des kilowatts tirés des vagues

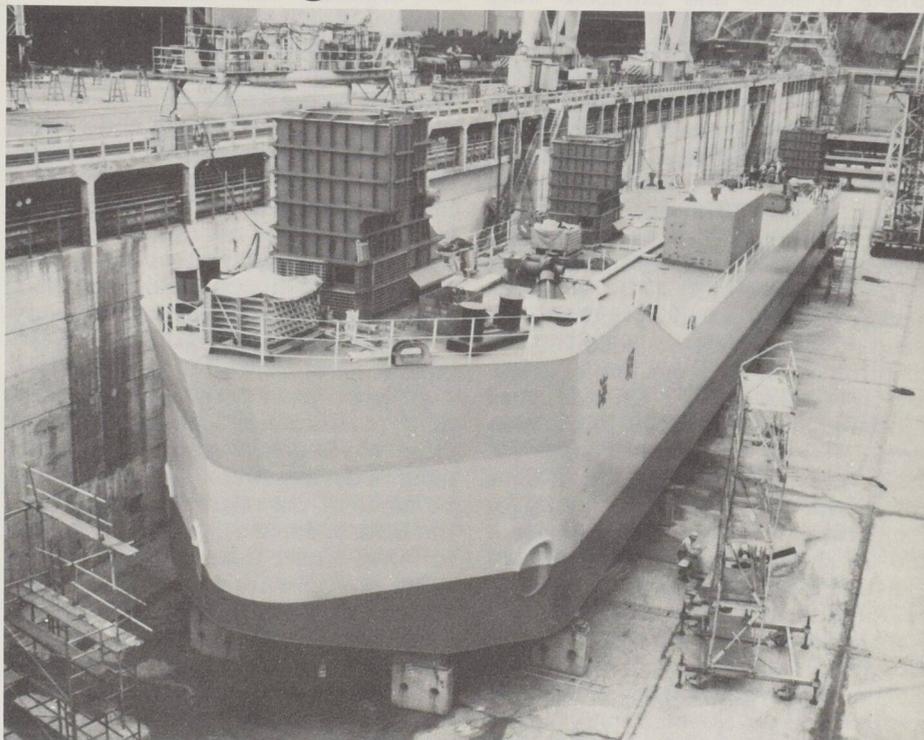
Sous les auspices de l'Agence internationale de l'énergie, le Canada, les États-Unis, le Royaume-Uni, l'Irlande et le Japon ont mis en oeuvre un programme d'essais de grande envergure pour exploiter l'énergie des vagues des océans.

Les augmentations très rapides du prix du pétrole, matière première qui se vendait 3 dollars le baril il y a seulement six ans, témoignent d'une situation troublante dans la période que nous traversons: l'économie des nations occidentales dépend fortement d'approvisionnements abondants en pétrole, en raison de la commodité d'emploi de cette source d'énergie, et la situation actuelle risque de devenir critique quand les besoins dépasseront les possibilités d'extraction et que les forces économiques porteront les prix à des niveaux insoutenables.

Bien que les ressources canadiennes en pétrole et en gaz naturel soient importantes, elles sont limitées et s'épuisent progressivement, à tel point que nous devons maintenant importer 14% du pétrole que nous consommons, à un coût annuel de plus de un milliard de dollars. Il nous faut manifestement réduire cette dangereuse dépendance vis-à-vis du pétrole importé en économisant les ressources énergétiques actuellement disponibles et en mettant en valeur de nouvelles sources d'énergie.

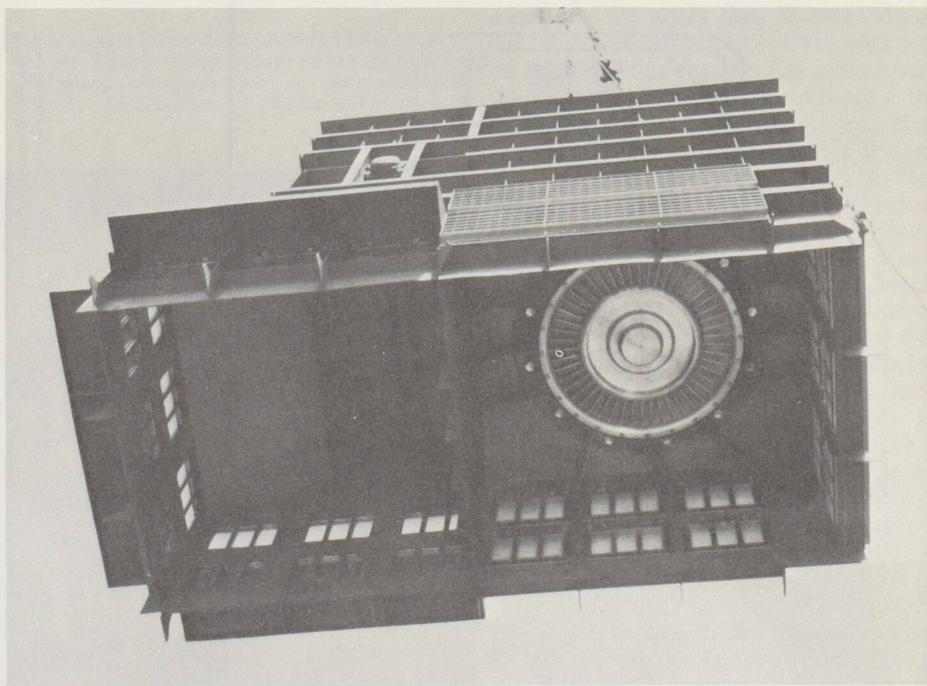
En 1975, le gouvernement canadien décida d'accroître la recherche et le développement à incidence énergétique et il confia au Conseil national de recherches la responsabilité de la coordination des travaux sur les sources renouvelables d'énergie. L'une de ces dernières, moins connues que les énergies solaire et éolienne, en dérive pourtant: il s'agit de l'énergie que renferment les vagues. Depuis quelques années, les chercheurs du laboratoire d'hydraulique de la Division de génie mécanique s'intéressent aux vagues. Récemment, ils se sont associés à leurs collègues du Royaume-Uni, des États-Unis, de l'Irlande et du Japon en vue d'une expérience à l'échelle internationale portant sur l'exploitation de l'énergie des vagues, sous les auspices de l'Agence internationale de l'énergie.

Le dispositif étudié fait appel à l'énergie des vagues pour comprimer de l'air et ainsi actionner une turbine, qui est reliée à une génératrice à courant alternatif. Un prototype de ce système a été installé dans une bouée en forme de navire, ancrée dans la mer du



Constructed at the Aioi Shipyard of Ishikawajima Harima Heavy Industries Co., the Kaimei was outfitted with three Japanese-made air turbines for the first phase of the experiment. (Photo: Japan Marine Science and Technology Centre)

Le Kaimei a été construit au chantier naval d'Aioi de la firme Ishikawajima Harima Heavy Industries Co. et on y a procédé à l'installation de trois turbines à air de fabrication japonaise en vue de la première phase des essais. (Photo: Japan Marine Science and Technology Centre)



A view from below of one of the Kaimei's generating units, showing air rectifying valves in the walls of the housing and the vanes of the air turbine. (Photo: Japan Marine Science and Technology Centre)

Vue de la partie inférieure de l'une des génératrices du Kaimei. On y distingue les clapets servant à la régulation du flux d'air, incorporés aux parois de l'enceinte, et les pales de sa turbine à air. (Photo: Japan Marine Science and Technology Centre)

The JAMSTEC results favored a ship-like structure, outfitted with ten wave energy devices; such oscillating water column systems were relatively simple to build and extracted wave power efficiently.

As a contribution to the activities of the International Energy Agency, the Japanese government last year invited fellow Agency members to participate in the Kaimei experiment and an agreement to that effect was signed in Tokyo, in April 1978, opening the way to the participation of scientists from Canada, the UK, the USA and Ireland.

In the winter of 1978-1979, the Kaimei was pre-tested by JAMSTEC, using three Japanese-designed 200 kW air-turbines. In the meantime, scientists in the UK and the USA designed and built their own air-turbine generator units. In the summer of 1979, these were installed on the Kaimei along with seven Japanese units for comparative tests of their efficiency and the ship returned to the Yura test site for experiments during the fall of 1979 and the winter of 1980.

According to NRC's Dr. Geoff Mogridge, who represents Canada on the Executive Committee of the IEA research and development program on wave energy, Canada's main contribution to the Kaimei project concerns data acquisition and analysis:

"We'll be supplying NRC-invented water-level gauges which are designed and manufactured by George Kelk Ltd., as well as advice on the best way to organize the data acquisition scheme. Analysis of the wave records from the experiment is also in our hands. Some 80 transducers have been installed on the Kaimei to monitor such parameters as the voltage and current outputs of the generators, rotational speeds of the turbines, air pressure inside the turbines and the wave chambers, and so on. All this information will be radioed ashore to a base station and recorded on magnetic tapes which will be sent to us for sorting out, copying and distribution to the other participants.

"The project's purpose is to measure how much power can be extracted from waves using an oscillating water column device. A comparison will also be made of the relative efficiencies of the British, Japanese and American air turbines under identical conditions. After several months of real life tests, in the fall of 1979 and the winter of 1980, we'll be in a position to determine how practical the system is, what problems are experienced and what improvements can be made."

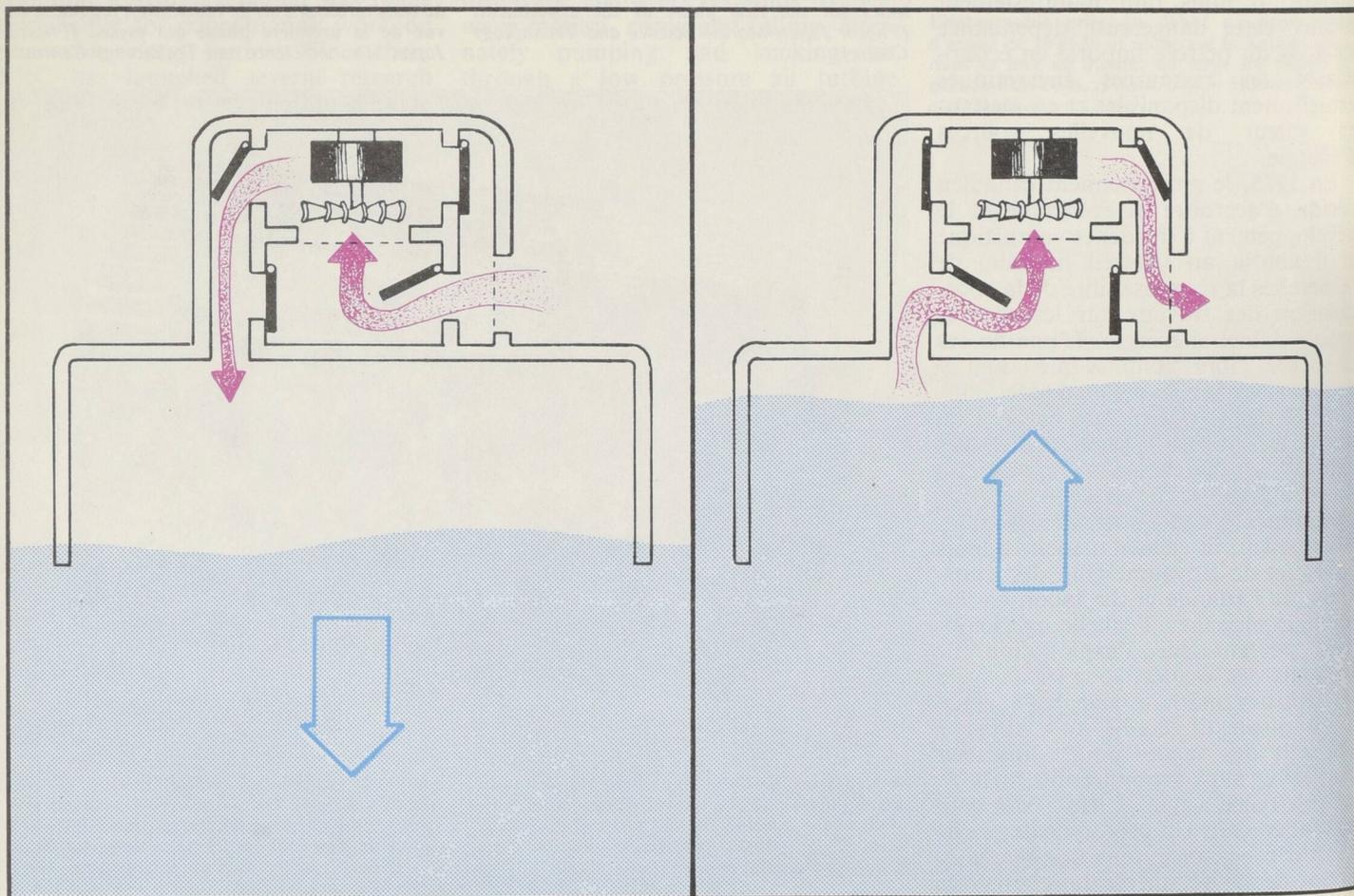
For Canada, participation in this important international research project turns out to be of real advantage: for a

modest investment in time, money and equipment, Canadian scientists have access to the data from this ambitious wave power experiment. The results could tie in with other ideas already under consideration by the Hydraulics Laboratory, which involve the integration of wave energy devices in coastal structures such as breakwaters. Oscillating water column devices offer significant practical advantages when compared to other proposed devices. Since there is no direct contact between the turbines and the water, floating debris or ice cannot damage the turbines; also, the system is inherently rugged and simple to build and maintain. Concludes Geoff Mogridge: "With measured average wave powers of 35 kW per meter of wave front at certain locations on the coast of British Columbia, Canada might well want to tap this inexhaustible source of energy some day." □

Michel Brochu

A cross-sectional illustration of the Kaimei's air turbines. As the arrows indicate, the valving system causes air flow to drive the turbine both in the rising and falling motion of the wave. (Graphic: John Bianchi)

Vue en coupe d'une turbine à air du type utilisé sur le Kaimei. Comme l'indiquent les flèches, des clapets permettent au flux d'air résultant de l'action des vagues d'actionner la turbine, que l'eau monte ou descende dans la chambre du dispositif. (Illustration de John Bianchi)



Japon à 3,5 km au large de Yura, village de pêcheurs japonais. Ce prototype, le Kaimei, a été conçu par le Japanese Marine Science and Technology Centre (JAMSTEC). Il fait appel à une technologie de pointe explorée depuis 1965 par le scientifique japonais Yoshio Masuda et utilisée dans des bouées autonomes servant d'aide à la navigation dans les eaux japonaises. Le Kaimei contient des chambres verticales en communication avec l'océan; en passant le long du Kaimei, les vagues font osciller l'eau contenue dans ces chambres: le mouvement ascendant et descendant de cette colonne d'eau refoule et aspire successivement de l'air qui actionne une turbine à air couplée à une génératrice électrique. Les premières bouées signalisatrices de ce type produisaient environ 100 watts mais le Kaimei, qui mesure 80 m de longueur et 12 m de largeur, est conçu pour produire jusqu'à deux millions de watts d'électricité. Il a été construit en 1977 au chantier naval Aioi de la société Ishikawajima Harima Heavy Industries Co. (IHI), après essais sur maquettes effectués dans les laboratoires du JAMSTEC.

Compte tenu des résultats de ces essais, les constructeurs du Kaimei lui ont donné la forme d'un navire et l'ont muni de dix dispositifs à colonne d'eau oscillante pour le captage de l'énergie des vagues; ces dispositifs présentaient l'avantage d'être relativement simples à construire et de capter efficacement

l'énergie des vagues. À titre de contribution aux activités de l'Agence internationale de l'énergie, le gouvernement japonais décidait l'an dernier d'inviter d'autres pays membres de l'AIÉ à participer à ce projet et un accord fut signé à cet effet à Tokyo, en avril 1978, ouvrant la voie à une participation de scientifiques du Canada, du R.-U., des É.-U. et de l'Irlande.

Pendant l'hiver de 1978-1979, les scientifiques du JAMSTEC ont effectué une première vérification du bon fonctionnement du Kaimei, qui avait été muni pour ces essais de trois turbines à air japonaises de 200 kilowatts chacune. Entre temps, les scientifiques du R.-U. et des É.-U. s'employaient à dessiner et à construire leurs propres génératrices à turbine à air. Au milieu de 1979, on a installé ces deux turbines sur le Kaimei, de même que sept turbines japonaises, en vue d'effectuer une comparaison de leurs rendements respectifs. Le Kaimei a maintenant été ramené au large de Yura en vue d'essais effectués cet automne et cet hiver.

Selon le Dr Geoff Mogridge, scientifique du CNRC qui représente le Canada au sein du Comité exécutif chargé de coordonner le programme de recherche et de développement de l'AIÉ dans le domaine de l'exploitation de l'énergie des vagues, la principale contribution canadienne à cette expérience a trait à la saisie et à l'analyse des données: "Nous fournissons des capteurs de mesure du niveau de l'eau inventés au CNRC, et mis au point et

fabriqués par la firme George Kelk Ltd., et nous apportons des suggestions sur l'organisation optimale du système de saisie des données. Nous nous chargeons également de l'analyse des données sur les vagues. Le Kaimei est muni de quelque 80 capteurs mesurant des paramètres tels que la tension et le courant produits par les génératrices électriques, la vitesse de rotation des turbines, la pression de l'air dans les turbines et les chambres de captage, etc. Toutes ces données sont transmises par liaison radio à une base située sur la terre ferme et enregistrées sur bande magnétique, et nous seront envoyées pour nous permettre de les décortiquer, de les copier et de les distribuer aux autres participants.

"Notre objectif sera de découvrir combien d'énergie on peut extraire des vagues en se servant d'un dispositif à colonne d'eau oscillante, et de comparer le rendement relatif des turbines à air britannique et américaine et des turbines japonaises dans des conditions identiques de fonctionnement. Après plusieurs mois d'essais à l'automne de 1979 et l'hiver de 1980, nous serons en mesure de déterminer les avantages de ce système, et nous connaissons les problèmes qu'il présente et les améliorations qu'il faudrait lui apporter."

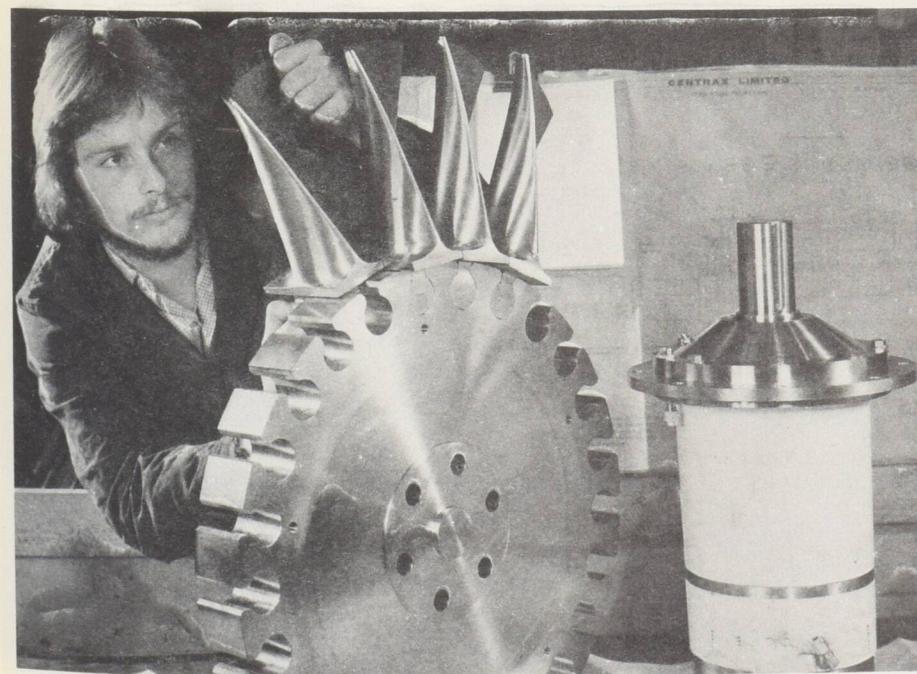
Cette participation à un important projet de recherche à portée internationale est très avantageuse pour le Canada: au prix d'un investissement relativement modeste en temps, argent et équipement, les scientifiques canadiens auront accès aux données tirées de ce projet ambitieux d'exploitation de l'énergie des vagues. Les chercheurs du laboratoire d'hydraulique du CNRC, qui s'intéressent déjà à la possibilité d'intégrer des dispositifs de captage de l'énergie des vagues à des ouvrages côtiers tels que des brise-lames, pourraient en tirer un grand profit. Les dispositifs à colonne d'eau oscillante offrent des avantages pratiques marqués par rapport à d'autres dispositifs de captage de l'énergie des vagues qui sont présentement à l'étude. Étant donné qu'ils fonctionnent sans contact direct entre les turbines et l'eau, les débris flottants ou la glace à la dérive ne peuvent endommager leurs turbines; il s'agit en outre d'un système robuste et facile à construire et à entretenir.

Laissons la conclusion à Geoff Mogridge: "Compte tenu du fait que la puissance moyenne des vagues atteint 35 kW par mètre de front de vague en certaines régions côtières de la Colombie-Britannique, le Canada pourrait bien décider un jour d'exploiter cette source inépuisable d'énergie." □

Michel Brochu

A British engineer installs rotor blades in the turbine disk for the UK generator. (Photo: AERE Harwell Photographic Group, UK)

Un ingénieur britannique procède à l'installation de pales de rotor faisant partie de la turbine d'un générateur construit par le Royaume-Uni. (Photo: AERE Harwell Photographic Group, UK)



Aircraft fatigue

Extending aircraft service life

Hoping to extend the safe operational life of the Tracker aircraft, NRC's National Aeronautical Establishment is conducting a full scale fatigue test on the Canadian Forces airplane. During the test, the NAE engineers look for those tell-tale signs of metal fatigue, hairline cracks. These hairline cracks, much talked about by the media lately and common to all metallic structures such as bridges, ships, cars and aircraft, can tell the investigators how long the structures will last in continued use. If the crack is minor, it is watched, but if it is serious, the part is either repaired or replaced.

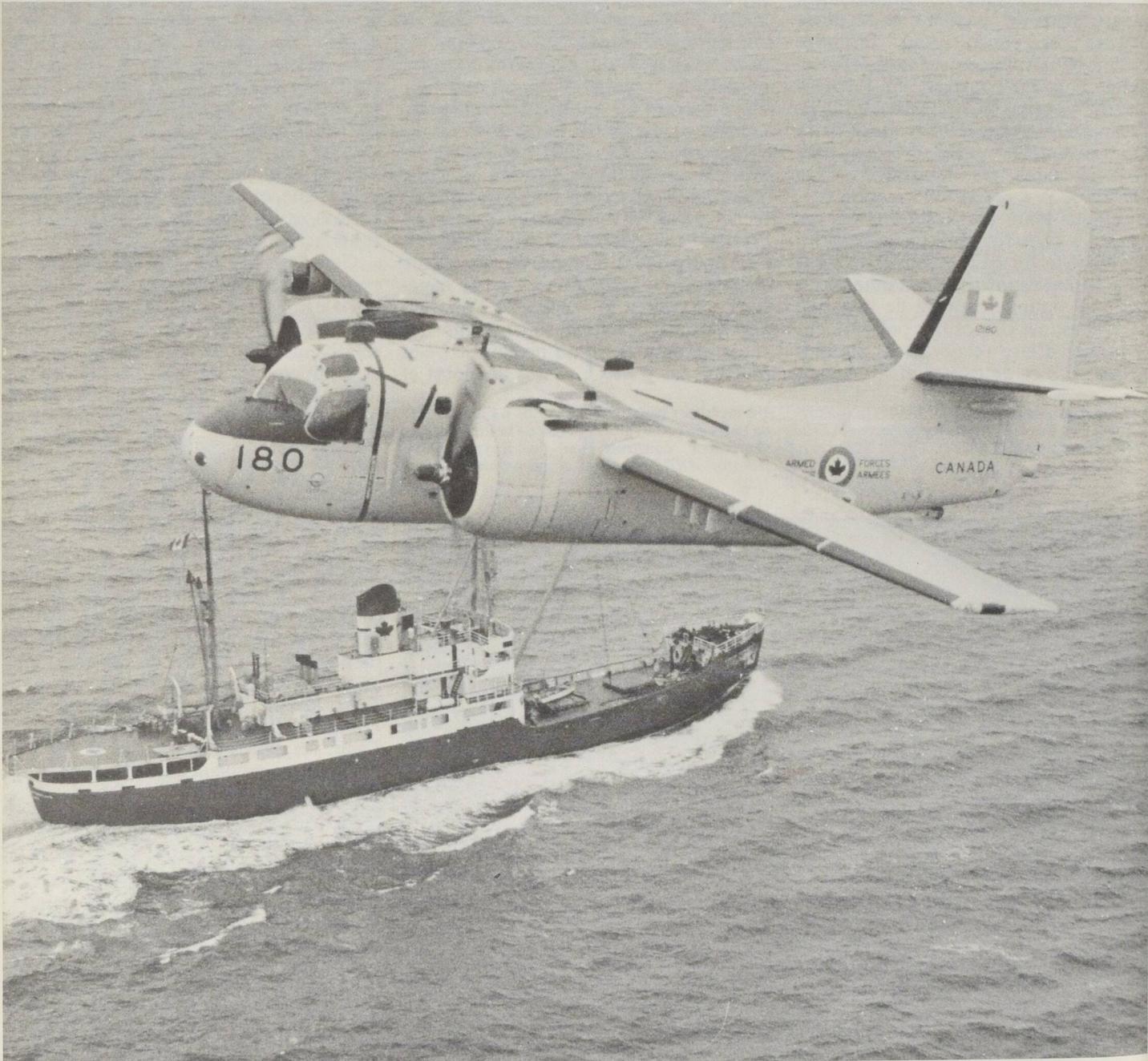
Amidst the hum of electrohydraulic systems and the clatter of computer terminals churning out figures faster than the eye can read, there lies a rather squat looking airplane. All trussed up and suspended by an elaborate network of metallic "whiffle trees" connected to hydraulic jacks, the plane conjures visions of a giant bird in traction.

The Armed Forces' Tracker on maritime patrol.
(Photo: Canadian Forces)

Le Tracker des Forces armées au cours d'une patrouille maritime. *(Photo: Forces canadiennes)*

The setting is a cavernous building on NRC's Montreal Road campus, the home of the National Aeronautical Establishment's Structures and Materials Laboratory. The people at the computers and amongst the equipment are research engineers involved in a "full scale fatigue test" on a Grumman Tracker aircraft belonging to the Canadian Forces.

At the conclusion of this highly complex operation which began over a year ago, the engineers will determine how long the safe life-span can be extended for the Tracker. The Forces are committed to utilizing their aircraft to the



Le phénomène de fatigue en aéronautique

Comment prolonger la longévité des avions

L'Établissement aéronautique national du CNRC procède à des essais de fatigue sur la cellule d'un Tracker en vue de prolonger la vie opérationnelle de cet avion des Forces canadiennes. Au cours des essais, les ingénieurs de l'ÉAN chercheront à déceler ces symptômes de fatigue du métal que sont les fissurations capillaires. Ces fissurations, dont la presse a abondamment parlé récemment et qui sont communes à toutes les constructions métalliques comme les ponts, les navires, les automobiles et les aéronefs, aident parfois les spécialistes à déterminer l'endurance de ces structures en service normal. Si la fissure est mineure, on la surveille, mais si elle est sérieuse la partie affectée est réparée ou remplacée.

Un instant distrait par le bruit des systèmes électrohydrauliques et des ordinateurs débitant des séries de chiffres à un rythme que l'oeil ne peut suivre, on

The Tracker's folding wings were designed for aircraft carrier use. These joints are one of the areas monitored for hairline cracks which signal metal fatigue. (Photo: Canadian Forces)

aperçoit un avion d'aspect plutôt trapu. Emprisonné dans un réseau complexe de "palonniers" métalliques reliés à des vérins hydrauliques, l'avion évoque un oiseau géant que l'on aurait placé sous traction.

Nous nous trouvons dans un énorme bâtiment du CNRC, chemin de Montréal, où est installé le laboratoire des structures et des matériaux de l'Établissement aéronautique national. Le personnel que l'on peut voir devant les ordinateurs et parmi les équipements est constitué d'ingénieurs de recherche procédant à un essai de fatigue sur un Grumman Tracker des Forces canadiennes.

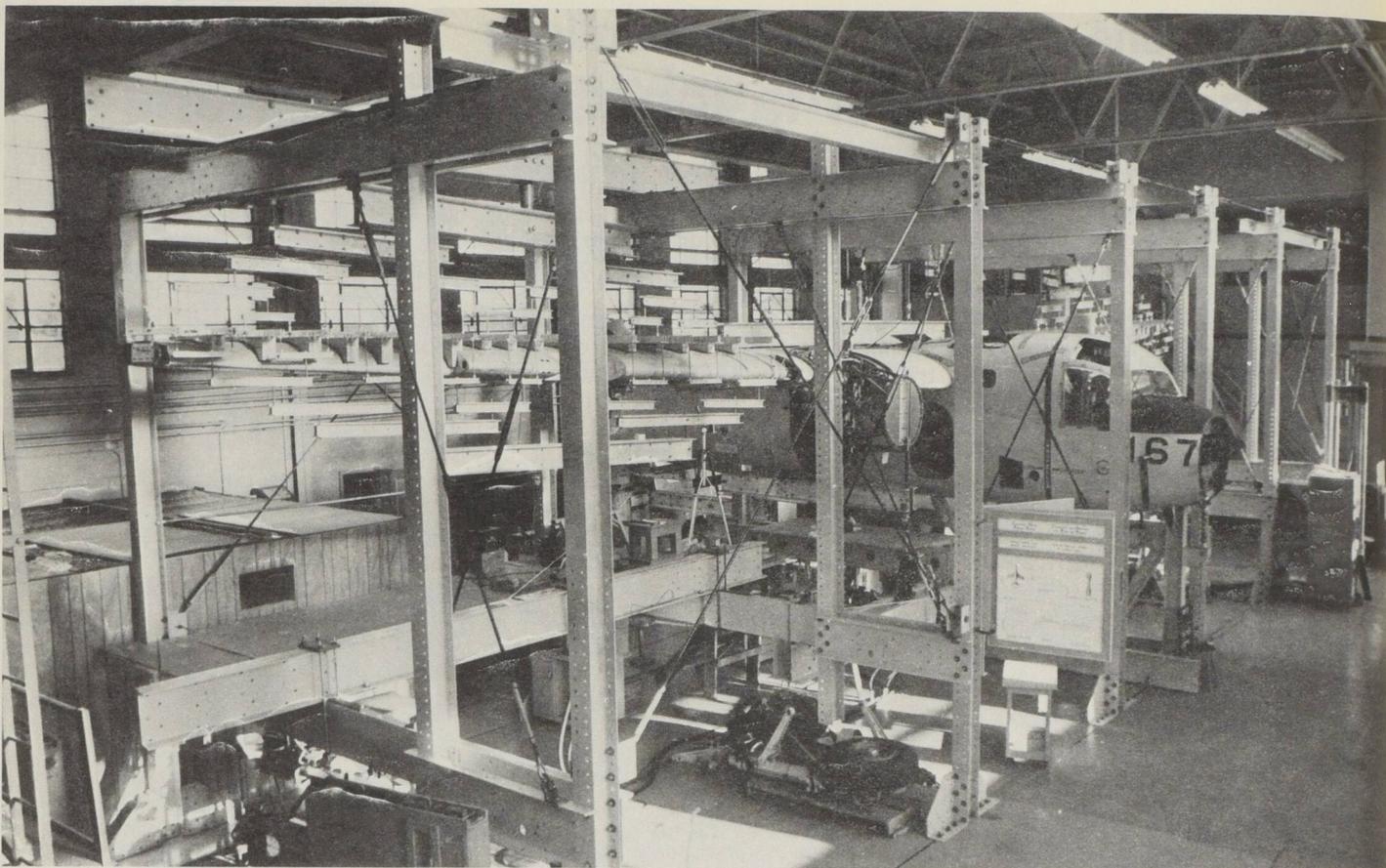
Lorsque cette opération hautement complexe lancée il y a plus d'un an arrivera à son terme les ingénieurs détermineront de combien d'années le potentiel de sécurité de cet appareil pourra être augmenté. La politique des Forces canadiennes est d'utiliser le

Les ailes pliantes du Tracker ont été conçues pour permettre son utilisation sur porte-avions. Ces joints font partie des zones inspectées pour déceler les fissures capillaires indiquant une fatigue du métal. (Photo: Forces canadiennes)

matériel volant aussi longtemps que possible, tant qu'il présente toutes garanties de sécurité. Et comme la fatigue est l'un des facteurs qui limitent la longévité d'un avion, c'est sur elle que les ingénieurs chargés d'étudier ce Tracker des années cinquante portent principalement leur attention.

Le chef du laboratoire des structures et des matériaux, John Dunsby, nous explique pourquoi les essais de fatigue sont importants: "Les cellules des avions modernes, conçues pour obtenir une finesse maximale avec un poids minimal, exigent l'utilisation de matériaux hautement résistants et de faible densité comme certains alliages d'aluminium et de titane. Ces matériaux offrent une résistance élevée aux charges statiques mais des fissurations capillaires s'y amorcent parfois sous l'action répétée de faibles charges. Ces fissurations peuvent se développer à partir de défauts de fabrication d'un composant ou se produire en cours d'exploitation avec la formation de piqûres de corrosion (même dans le cas d'une cellule maintenue en parfait état des fissures apparaîtront si les charges sont suffisamment élevées et fréquentes). La propagation progressive des défauts ou des fissures sous l'action de mises en charge répétées est appelée fatigue. Un élément fatigué, un boulon





maximum without jeopardizing safety. Since structural "fatigue" is one of the main culprits which limit the life of an aircraft, it is the prime concern of the engineers involved in studying the mid-1950's vintage Tracker.

John Dunsby, the head of the Structures and Materials Laboratory, explains why fatigue testing is important. "Modern aircraft structures, which have been developed for aerodynamic efficiency and minimum weight, require the use of high strength, low density materials, like certain aluminum and titanium alloys. While such structures may possess high strength when tested under static loading conditions, they may be prone to the growth of hairline cracks when small, repetitive loads are applied. These cracks may grow from flaws either accidentally introduced into a component during manufacture or occur during service by corrosive attack or pitting. (Even in a perfectly maintained structure cracks will develop if the loads are high enough or are repeated often enough). The progressive growth of defects, or cracks, under repeated loading is known as fatigue. A fatigued component, such as a bolt, may eventually cause the failure of an entire structure.

"The fatigue problem has been recognized since the early 1900's, but it only became a critical design consideration with the development of the

The Tracker suspended by an elaborate network of metallic "whiffle trees" connected to hydraulic jacks. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Le Tracker emprisonné dans un réseau complexe de "palonniers" reliés à des vérins hydrauliques. (Photo: Bruce Kane, CNRC)

higher performance jet aircraft towards the late 1950's. About this time, a number of fairly new aircraft crashed due to wing fatigue failures. Later, the fuselage failures of another jetliner caused additional concern. So you can see that for older aircraft like the Tracker, we must carry out elaborate tests on the entire airplane to guarantee the durability and safety of the aircraft."

To conduct a realistic fatigue test on an aircraft like the Tracker, the engineers must first know what kinds of forces or loads the airplane typically experiences. (These forces will, of course, depend not only on the type of plane but also on how it is handled.) The forces during take-off, flight, and landing are monitored by devices called accelerometers, and recorded. From this information a simulated life history of the forces experienced by the aircraft is derived.

When a particular fleet of aircraft such as the Trackers needs to be assessed, a sample is selected at random for the actual testing. The aircraft is stripped of any unnecessary paraphernalia and rigged into a maze of

"whiffle trees" (a phrase from the horse and buggy days for gear used to harness several horses to one carriage) which, in turn, are connected to several hydraulic jacks. Through this network, forces of the kind that the plane experiences in service can be applied. The "whiffle trees" serve to proportionally distribute the forces along the body and wings of the aircraft to simulate the real condition, while the series of hydraulic jacks, controlled by a mini-computer, apply the actual forces. During the test the plane visibly heaves and bends depending on the commands of the computer program, groaning and creaking under the stress. This speeded up simulation will continue until a satisfactory life span is demonstrated or it is shown that it is no longer economical to repair the aircraft.

The tests will enable the engineers to recommend a safe life-span for the remaining planes in the fleet, or suggest modifications to strengthen their potential weak points: they will also recommend inspection procedures to detect cracks before they cause problems. Through these analyses in the past, the Laboratory has helped the Canadian Forces extend the safe life span of several older aircraft, thereby enabling them to delay the purchase of expensive replacements. □

Sadiq Hasnain

par exemple, peut entraîner la défaillance d'une cellule.

“Le problème de la fatigue est connu depuis le début du siècle mais ce n'est qu'avec la mise au point vers la fin des années cinquante des avions à réaction, dont les performances sont évidemment supérieures à celles des avions classiques, que l'on a commencé à lui accorder une attention majeure dès le stade de conception. C'est à cette époque qu'un certain nombre d'appareils relativement nouveaux se sont écrasés à la suite d'une rupture de la voilure causée par la fatigue. Plus tard, la rupture du fuselage de plusieurs avions de ligne d'un autre type a rendu le problème plus aigu. Vous pouvez donc voir que dans le cas d'appareils plus anciens comme le Tracker, nous devons soumettre l'ensemble de la machine à des essais complexes pour en garantir l'endurance et la fiabilité.”

Pour être en mesure de procéder à un essai de fatigue réaliste sur un avion comme le Tracker les ingénieurs doivent d'abord connaître la nature des efforts auxquels il est soumis en exploitation normale (ceux-ci varient évidemment avec le type d'avion et la qualité du pilotage). Les forces entrant en jeu lors du décollage, pendant le vol et lors de l'atterrissage sont enregistrées par des dispositifs appelés accéléromètres.

Ces données permettent de simuler les forces auxquelles l'appareil a été soumis au cours de son exploitation.

Lorsqu'il devient nécessaire d'évaluer l'état d'une flotte de Trackers ou d'appareils d'un autre type, on en choisit un échantillon au hasard pour l'essai grandeur réelle. L'appareil est débarrassé de tous ses accessoires inutiles et emprisonné dans un réseau de “palonniers” (terme emprunté à l'époque des voitures à chevaux et désignant les éléments dont on se servait pour atteler plusieurs chevaux à une même voiture) qui, à leur tour, sont associés à plusieurs vérins hydrauliques. Grâce à ce réseau, il devient possible de soumettre l'avion à des forces compara-

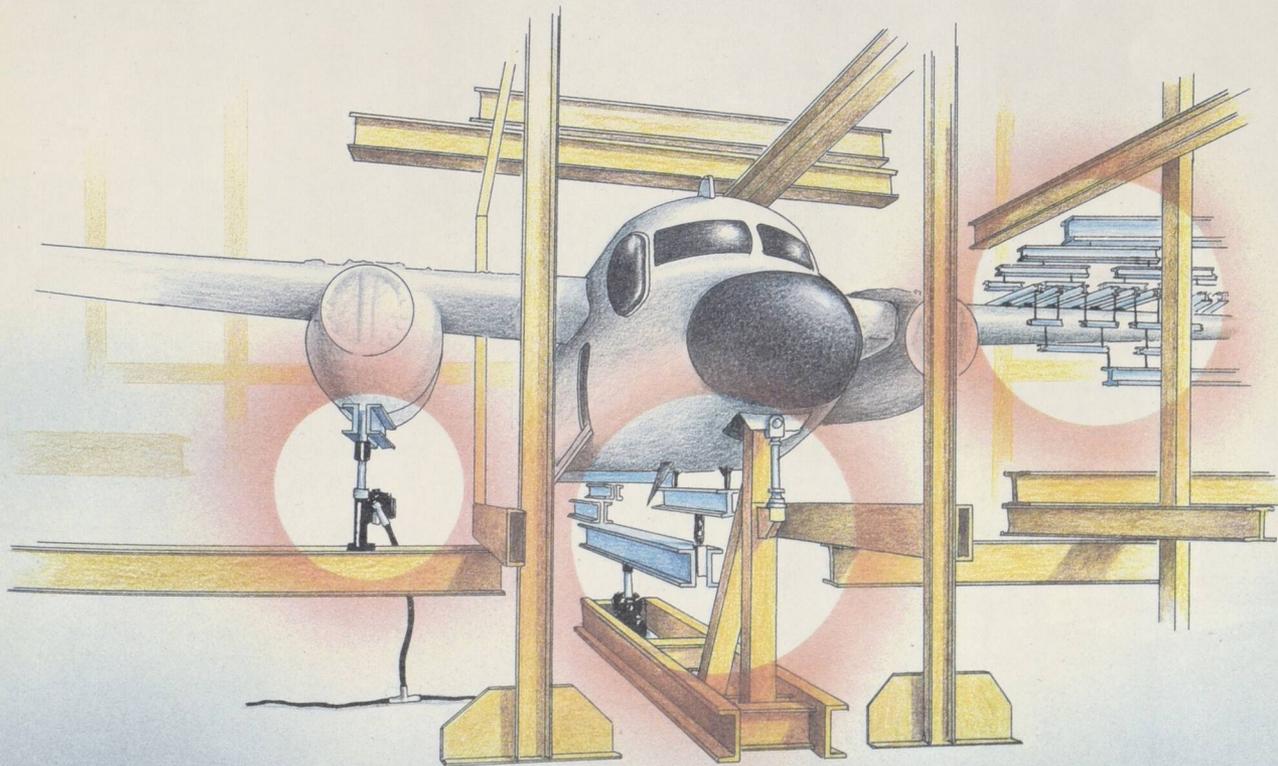
Les forces appliquées par les vérins hydrauliques (deux des six vérins sont représentés ici) sont réparties sur les différentes parties de la structure de l'avion à l'aide des “palonniers” métalliques. De cette façon, les forces rencontrées au cours du décollage, du vol et de l'atterrissage peuvent être simulées au moyen d'un ordinateur pour accélérer artificiellement la vie opérationnelle de l'avion et permettre la détection des signes de fatigue du métal. (Illustration: John Bianchi)

The forces applied by the hydraulic jacks (two of six in view) are distributed over the aircraft's structures by the metallic “whiffle trees”. In this manner, forces simulating those experienced during take-off, flight, and landing are generated by computer to speed up the life of the aircraft, while the structures are closely monitored for signs of metal fatigue. (Graphic: John Bianchi)

bles à celles qu'il rencontre au cours de son exploitation normale. Les “palonniers” permettent de répartir proportionnellement ces forces le long de la cellule et des ailes de l'avion pour simuler les conditions réelles, tandis que les vérins hydrauliques commandés par un mini-ordinateur appliquent les forces auxquelles l'appareil est soumis en vol. Au cours des essais, on peut voir l'avion se soulever et se tordre au gré des commandes du programme informatique, grinçant et craquant sous l'effort. Cette simulation accélérée continuera jusqu'à ce que l'on ait pu démontrer que l'appareil offre une endurance satisfaisante ou qu'il n'est pas rentable de le réparer.

Les essais permettront aux ingénieurs de recommander une durée d'exploitation offrant toutes garanties de sécurité pour les appareils de cette flotte ou de suggérer des modifications pour renforcer leurs points faibles (ils recommanderons également des procédures d'inspection pour déceler les fissures avant qu'elles ne deviennent sérieuses). Grâce à ces analyses, le laboratoire aide depuis longtemps les Forces canadiennes à prolonger l'exploitation fiable de plusieurs appareils âgés, et à retarder ainsi l'achat de matériel neuf coûteux. □

Texte français: Claude Devismes



Mechanical vision

Building anthropomorphic machines

Scientists in NRC's National Aeronautical Establishment have developed a video camera/computer system capable of tracking a moving object and determining its position and orientation in three-dimensional space: it does it in real time with pinpoint precision.

Consider using your arm to pick up an object without looking. Unless you like groping in the dark, you will obviously open your eyes, sight the object, estimate the distance by reference to the other objects around it, and then home in, all in a fraction of a second.

This real-time process, taken for granted when we do it ourselves, becomes a gargantuan problem when one builds a machine to do the same thing. And yet that's what two scientists at the National Research Council's National Aeronautical Establishment (NAE) have achieved. Engineering physicist Dr. Lloyd Pinkney and computer specialist Charles Perratt have designed a system which can track a moving object in three-dimensional space and continuously determine its position and orientation with high precision.

Building anthropomorphic (from the Greek anthropos for man and morphos for shape) machines is not new to NAE scientists; they have contributed much to the design of the remote manipulator arm to be installed in NASA's space shuttle, scheduled for launching at the end of this year. The 15 m, 360 kg metallic arm will deploy satellites ferried into space in the reusable shuttle.

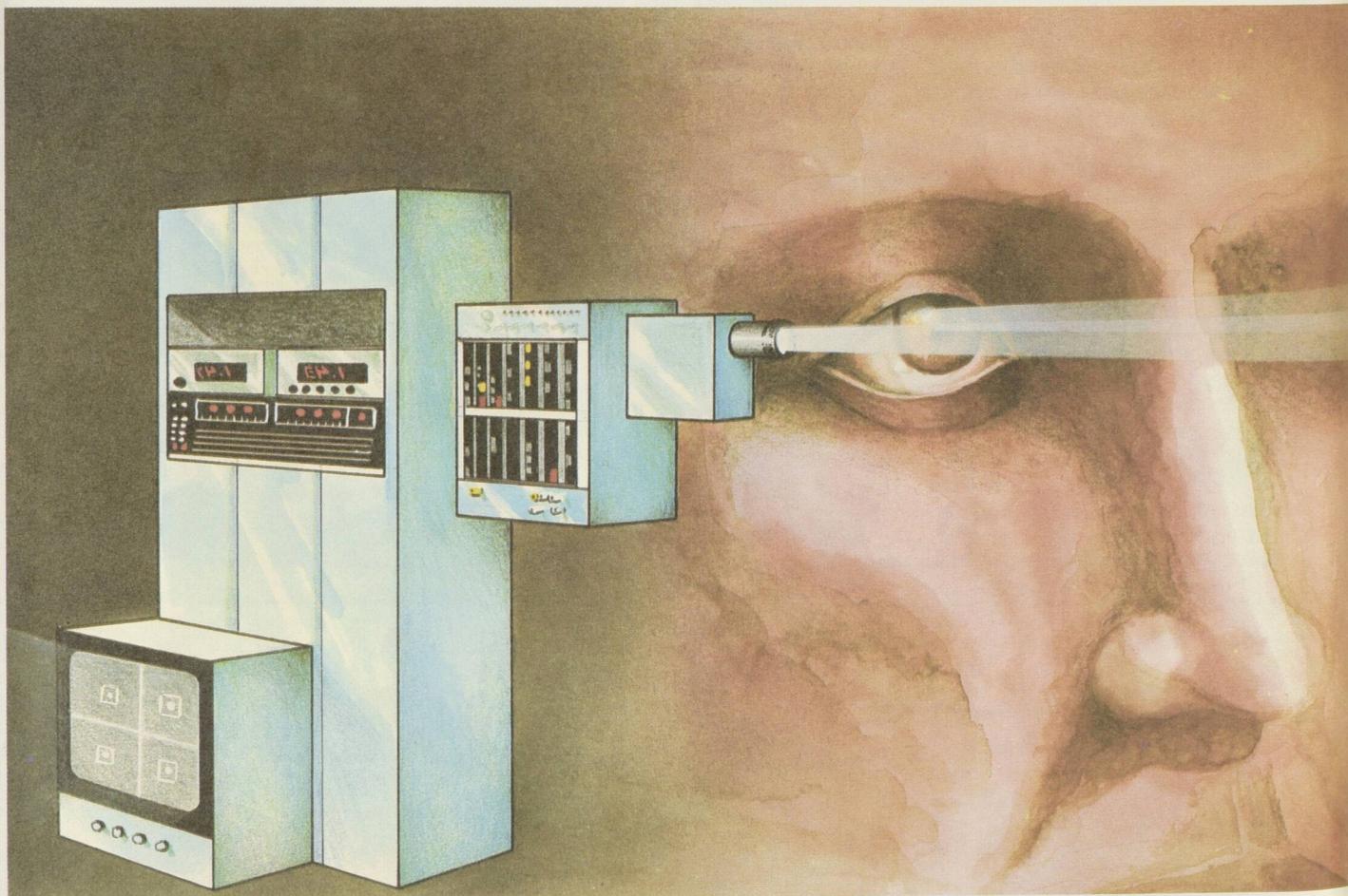
But what's a good arm without good sight? To supply this essential element, Pinkney and Perratt developed a system capable of giving the shuttle arm's control system the kind of visual accuracy we are accustomed to. In fact, their system's ability to operate in the starkly lit inhospitable environment of outer space greatly extends human skills and power.

NRC's machine vision system is much like the human visual system. A combination of TV camera, arithmetic preprocessor, computer and video screen, the system mathematically derives the position and orientation of a three-dimensional object. Since this is accomplished in real-time (as an event is occurring) the system can also track moving objects. (Graphic: John Bianchi)

It is simple to understand Pinkney and Perratt's system if we dissect the components and examine how they work. Basically there are three parts, an ordinary TV camera analogous to the eye, a hardware pre-processor representing the optic nerve system, and a computer which serves as the brain.

When an object's position is to be determined by the system, the camera scans the scene for pre-planned targets or cues (which provide areas of contrast for visual discrimination), and feeds a video signal to the pre-processor. The pre-processor breaks down this visual field into 300,000 components or signals every one-thirtieth of a second. But if all of these signals were passed directly to the computer to do the necessary calculations, the computer would bog down.

Le système optique artificiel mis au point par le CNRC ressemble beaucoup à celui de l'œil humain. Constitué d'une caméra de télévision, d'un processeur arithmétique primaire, d'un ordinateur et d'un écran cathodique, il permet de calculer la position et l'orientation d'un objet tridimensionnel. Comme cette opération est exécutée en temps réel, la poursuite d'objets mobiles est également possible. (Illustration: John Bianchi)



La vision artificielle

La construction des machines anthropomorphes

Des scientifiques de l'Établissement aéronautique national du CNRC ont mis au point un système, constitué d'une caméra de télévision et d'un ordinateur, qui permet de suivre un objet dans l'espace et de déterminer, en temps réel et avec une précision absolue, sa position et son orientation dans les trois dimensions.

Imaginez-vous essayant de ramasser un objet les yeux fermés. À moins que vous n'aimiez avancer à tâtons dans l'obscurité, vous vous servirez de toute évidence de vos yeux, verrez l'objet, estimerez la distance où il se trouve par rapport à d'autres objets qui l'entourent et vous vous dirigerez vers lui et le saisirez, le tout en une fraction de seconde.

Nous considérons ce processus presque instantané comme normal parce que nous fonctionnons ainsi, mais si nous nous avisions de construire une machine capable d'en faire autant, nous nous apercevions que c'est un problème gigantesque qu'il nous faut résoudre. Deux scientifiques de l'Établissement aéronautique national (ÉAN) du Conseil national de recherches y sont pourtant parvenus. Le Dr Lloyd Pinkney, à la fois ingénieur et physicien, et un spécialiste des ordinateurs, Charles Perratt, ont conçu un système qui peut suivre un objet en mouvement dans un espace à trois dimensions et déterminer sa position et son orientation continûment et avec une grande précision.

Ce n'est pas la première fois que des scientifiques de l'ÉAN construisent des machines anthropomorphes (du grec *anthropos*: homme, et *morphos*: forme). Ces deux chercheurs ont beaucoup contribué à la réalisation du télémanipulateur de la navette spatiale de la NASA, qui doit être lancée à la fin de l'année. Ce bras métallique de 15 m de long et de 360 kg sera utilisé pour mettre en orbite les satellites amenés à pied d'oeuvre par la navette.

Mais que pourrait-on faire d'un bon bras qui ne serait pas servi par une bonne vue? Pour le doter de cet élément essentiel, Pinkney et Perratt ont conçu un dispositif grâce auquel le système de commande du bras acquiert la précision visuelle de l'homme. En réalité, l'aptitude de ce dispositif à fonctionner dans l'inhospitalier environnement spatial, caractérisé par ses violents contrastes d'ombre et de lumière, amplifie considérablement l'habileté et la force humaines.

Le fonctionnement de l'équipement

mis au point par Pinkney et Perratt est facile à comprendre si nous en dissequons les éléments qui sont, pour l'essentiel, au nombre de trois: une caméra de télévision ordinaire que l'on peut comparer à un œil, un processeur primaire remplissant les fonctions des nerfs optiques, et un ordinateur qui tient lieu de cerveau.

Pour déterminer la position d'un objet, la caméra explore l'environnement jusqu'à ce qu'elle localise des cibles prédéterminées (zones contrastées permettant une discrimination visuelle) et envoie un signal vidéo dans le processeur primaire. Celui-ci décompose le champ visuel en 300 000 éléments (signaux) tous les trentième de seconde. Si la totalité des signaux étaient envoyés directement à l'ordinateur pour qu'il exécute les calculs nécessaires, il tomberait en panne. C'est ce qui a conduit Pinkney et Perratt à doter le processeur primaire d'une unité arithmétique qui effectue 10 millions de calculs par seconde et condense ces signaux en données numériques destinées à l'ordinateur. C'est, en réalité, cette unité arithmétique qui rend le système si supérieur aux autres. Fonctionnant presque de la même façon que le nerf optique qui, pour éviter de surcharger le cerveau, réduit les quelque 100 millions de signaux reçus par l'œil à un million, leur processeur primaire réduit les signaux vidéo à un nombre que même un micro-ordinateur peut facilement traiter. Lorsque l'ordinateur reçoit cette information condensée, il la déchiffre immédiatement et calcule l'orientation spatiale de l'objet par rapport à la position de la caméra.

Nous exécutons des exercices similaires pendant la presque totalité d'une journée normale d'activité. Les quatre coins et les marges des pages de la publication que vous êtes en train de lire en ce moment vous fournissent des points de référence visuelle parce que la position des uns par rapport aux autres vous renseigne sur son orientation spatiale. L'emplacement du magazine par rapport aux autres objets de la pièce où vous vous trouvez vous donne une notion des distances.

Tout comme votre œil, votre nerf optique et votre cerveau, le processeur primaire et l'ordinateur de la caméra travaillent de concert. Tout comme l'enfant qui explore son environnement et apprend à apprécier les distances et la perspective, l'ordinateur doit être programmé pour le travail qu'il doit accomplir, qu'il s'agisse de saisir un

satellite dans la soute d'une navette spatiale ou d'aider un navire à évoluer dans des zones de navigation dangereuse.

Dans le cas de la mission spatiale, il est relativement simple d'extraire un satellite de la navette, le télémanipulateur et le satellite ayant le même point de référence fixe qui est en l'occurrence la navette. Par contre, pour récupérer un satellite placé sur orbite, il faut résoudre un problème totalement différent. Le temps est limité, le satellite et la navette évoluent indépendamment l'un de l'autre et, malgré cela, le bras doit saisir un satellite situé à dix mètres de distance dans un vide dénué de tout point de référence et le placer avec précision dans la soute où il sera solidement amarré par des mécanismes de verrouillage. Avec le système mis au point par Pinkney et Perratt ce travail peut être exécuté rapidement et avec une grande précision. Dès que l'ordinateur a reçu les instructions nécessaires, la caméra fixée à l'extrémité du télémanipulateur repère des cibles prédéterminées sur le satellite et transmet ces données à l'ordinateur par l'intermédiaire du processeur primaire. L'ordinateur, utilisant une solution mathématique mise au point par le Dr V. Kratky, de la Division de physique, calcule la position et l'orientation du satellite et les communique aux astronautes par l'intermédiaire d'un écran de télévision et, ainsi, ces derniers sont en mesure de diriger le télémanipulateur vers le satellite. Si nécessaire, ces manœuvres peuvent être exécutées automatiquement en programmant l'ordinateur pour qu'il assure la commande du bras.

Les avantages concrets de ce système sont sa précision, sa vitesse et sa souplesse. Il peut déterminer une position à quelques fractions de millimètre près. Une précision de cet ordre autorise l'application de cette technique à des processus industriels exigeant une précision ou des tolérances des plus rigoureuses. Dans le cas de certains types de problèmes de centrage industriels dont la solution nécessite généralement plusieurs journées de travail, ce système réglerait la question en quelques heures et économiserait ainsi à la compagnie plusieurs milliers de dollars de temps perdu à la production. Et comme la technique peut être appliquée à des problèmes affectant des objets se trouvant à courte distance ou situés à quelque deux kilomètres, il serait théoriquement possible, en changeant

Therefore, Pinkney and Perratt designed into their pre-processor an arithmetic unit which operates at a rate of 10 million calculations per second, condensing those signals into numerical data for input to the computer. It is, in fact, this arithmetic unit which makes the system so much better than any other. Operating much the same as the optic nerve system which condenses some 100 million signals from the eye to one million to prevent the brain from being overloaded, their pre-processor reduces the signals from the camera to a number readily digestible by even a micro-computer. When the computer receives this condensed information it immediately deciphers the data and calculates the spatial orientation of the object in relation to the position of the camera.

Almost all of our waking day is filled with similar exercises. As you are reading this magazine its four corners and borders provide you with visual cues. The position of the corners in relation to its borders tells you something about the spatial orientation of the magazine. The relationship of the magazine to other things in the room tells you something about distance.

Just as your eye, optic nerve and brain work together, so do the camera, pre-processor and computer. Much as a child explores its environment and learns to appreciate distance and perspective, so must the computer be programmed for the particular task at

hand, whether this means deploying a satellite on a space shuttle mission or navigating hazardous channels on the seas.

On a space shuttle mission the task of deploying a satellite from the cargo bay into orbit is relatively simple. The remote manipulator arm and the satellite both have similar fixed frames of reference — the shuttle. But retrieving a satellite from space is a completely different problem. Time is limited, the satellite and the shuttle are moving separately, and yet the arm must reach across 10 m of a featureless void to grab the satellite and accurately position it in the cargo bay to be secured by the latching mechanisms. But with Pinkney and Perratt's system the task can be accomplished quickly with pinpoint accuracy. Once the computer is alerted to the task, the camera, attached to the end of the manipulator arm, will find pre-planned cues or reference targets on the satellite and transmit this information to the computer through the pre-processor. The computer, using a mathematical solution derived by Dr. V. Kratky in the Division of Physics, will then calculate the position and orientation of the satellite and convey this information to the astronauts on a video screen, allowing them to guide the remote manipulator arm towards the satellite. Alternatively, the same task could be done automatically by programming the computer to take

control of the arm.

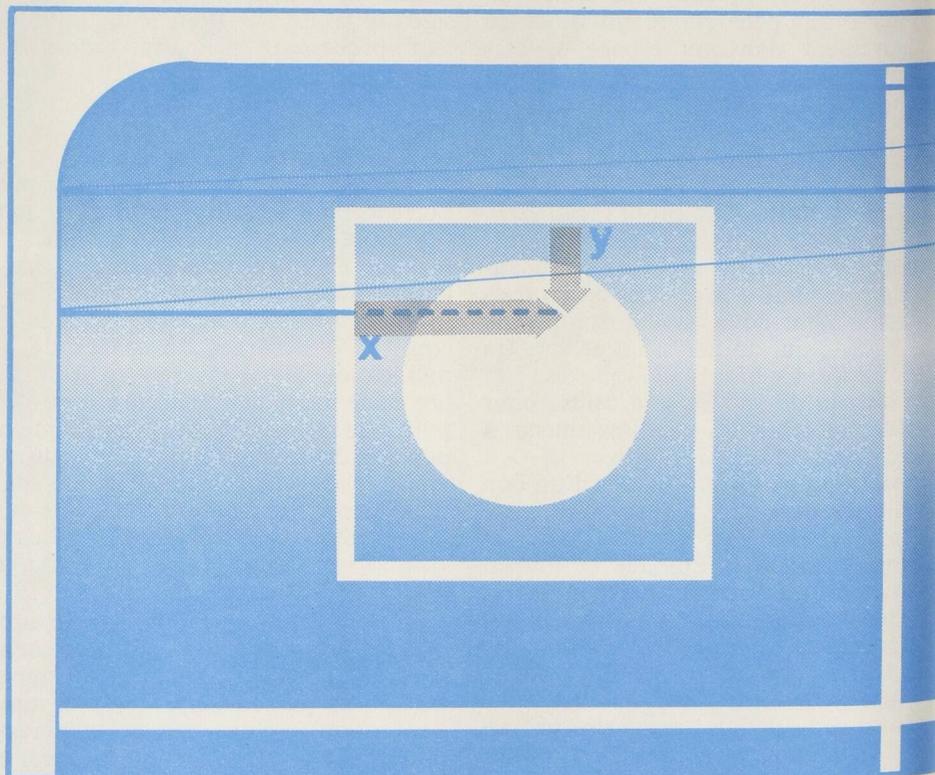
The real advantages of the system are its accuracy, speed and versatility. It can determine position to within fractions of a millimetre. This kind of accuracy allows the technique to be used for industrial processes requiring the most exacting standards of precision or tolerance. Where certain types of industrial alignment problems usually take days to complete, this system could accomplish the task within hours, saving the company many thousands of dollars of lost production time. And, since the technique can be applied to problems either close at hand or a couple of kilometres distant just by changing the camera lens, it could theoretically be used for functions as varied as guiding cars by following markers on a roadway or helping super tankers navigate treacherous waters using lighted buoys.

The future application of the system now depends on industry. A Canadian patent has been applied for and a similar application has been filed in the U.S. Leigh Instruments, of Carleton Place, have been contracted (under NRC's Program for Industry/Laboratory Projects) to build an industrial prototype based on the laboratory model. Leigh's equipment will be used to demonstrate the system's unique capabilities. □

Sadiq Hasnain

A schematic diagram shows how the system processes the visual information. The TV camera views the object and picks up light signals (areas of contrast) from the visual cues. An aperture is established around each cue (small square around cue). The contrasted area inside each aperture is subdivided into many individual points and the distance from each point to the sides of the aperture in the x and y coordinates is defined as a moment arm (arrow). The pre-processor sums these moment arms for all the points in the aperture and accumulates the total number of points to derive area. This condensed information is assimilated by the computer which calculates the centre of each cue. The previously known relative position of each cue allows the computer to calculate position and orientation of the target. (Graphic: John Bianchi)

Schéma montrant comment le système traite les données visuelles. La caméra de télévision détecte visuellement l'objet et recueille les signaux lumineux (zones contrastées) émis par les références visuelles. Une ouverture (petit carré) est aménagée à la périphérie de chaque référence visuelle. La zone contrastée à l'intérieur de chaque ouverture est subdivisée en un grand nombre de points et la distance de chaque point aux côtés de l'ouverture dans un système de coordonnées X et Y est définie comme un bras de levier (flèche). Le processeur primaire additionne ces bras de levier pour tous les points de l'ouverture et cumule ces points pour déterminer la surface. Cette information condensée est assimilée par l'ordinateur qui calcule le centre de chaque référence. La position relative, préalablement connue, de chaque référence permet à l'ordinateur de calculer la position et l'orientation de la cible. (Illustration: John Bianchi)



simplement l'objectif de la caméra, de l'utiliser pour guider des voitures sur une route munie de points de repère spéciaux ou de faciliter, à l'aide de bouées lumineuses, la navigation de super-pétroliers dans les zones dangereuses.

C'est entre les mains de l'industrie que repose maintenant l'avenir du système. Il a fait l'objet d'une demande de brevet canadien et une démarche similaire a été entreprise aux États-Unis. Un contrat a été passé dans le cadre du programme des Projets « Industrie-Laboratoires » avec Leigh Instruments, de Carleton Place, pour construire un prototype industriel dérivé de la maquette probatoire. On utilisera l'équipement de Leigh pour faire la démonstration des possibilités exceptionnelles du système. □

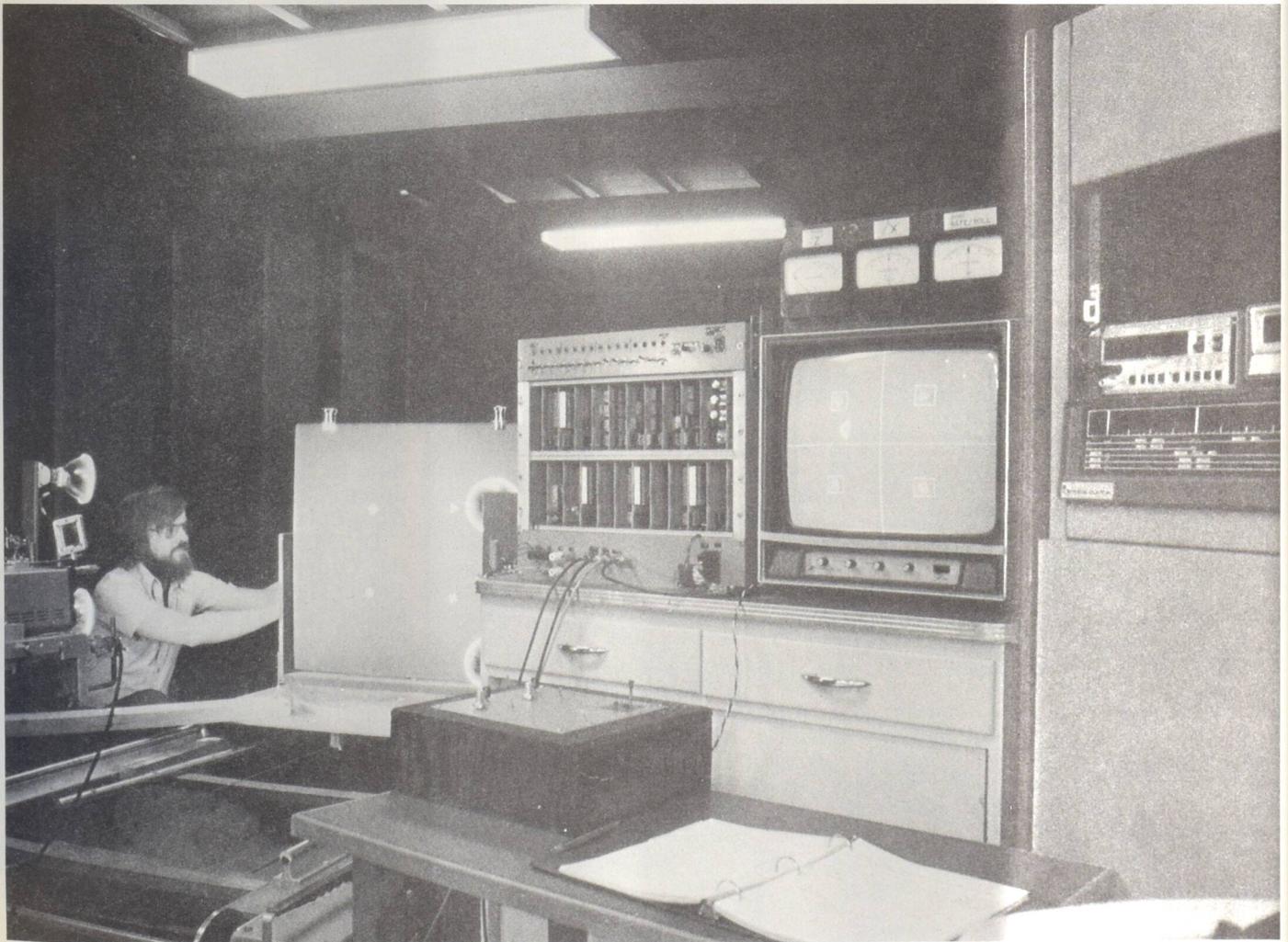
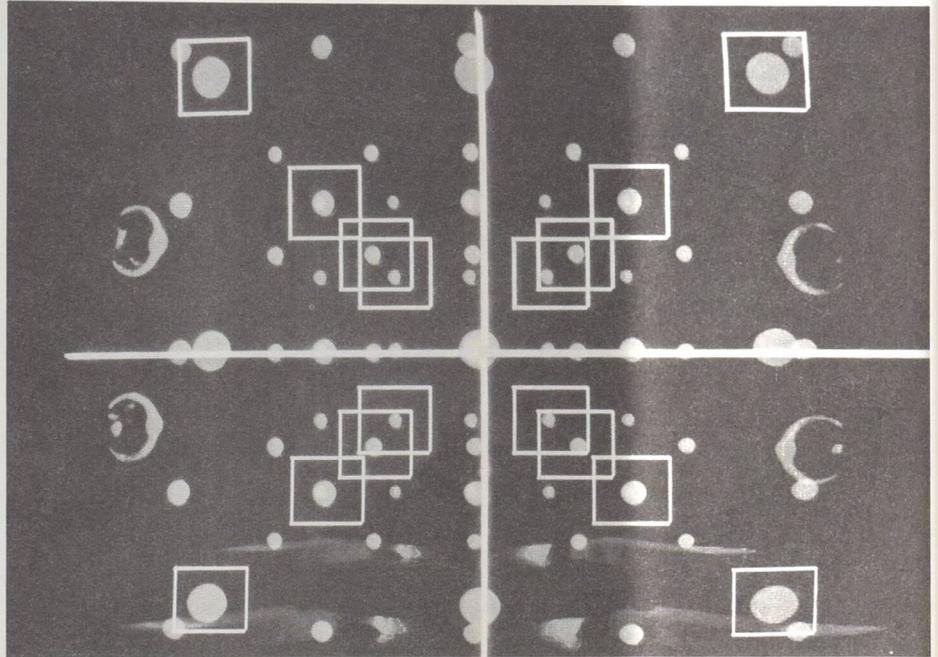
Texte français: **Claude Devismes**

Charles Perratt change la position de la cible constituée d'une plaque lisse comportant quatre références visuelles ayant chacune une forme différente. (Photo: Bruce Kane, CNRC)

Charles Perratt changes the position of the target, a flat board with four visual cues of different shapes. (Photo: Bruce Kane, NRC)

This photograph is a multiple exposure of the videoseen as the system tracks the moving target — in this case the target is approaching the camera. The four apertures (white squares) lock onto the cues (white spots) moving from the centre of the photograph outwards.

Cette photo est une exposition multiple de l'écran cathodique pendant la poursuite de l'objet mobile; ici la cible se rapproche de la caméra. Les quatre ouvertures (carrés blancs) se verrouillent sur les références visuelles (points blancs) qui se déplacent du centre de la photo vers l'extérieur.



In memoriam

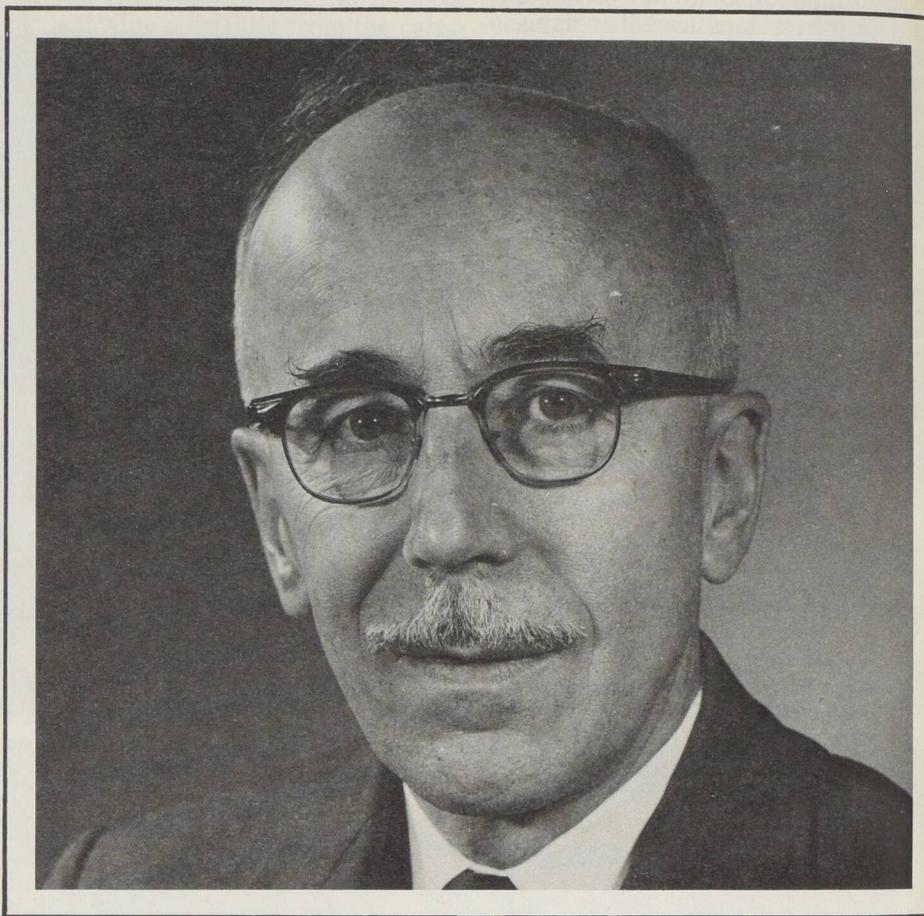
Dr. Léo Edmond Marion (1899-1979)

Dr. Léo Marion, former Vice-President (Scientific) of the National Research Council of Canada, and Dean of Science and Engineering at the University of Ottawa from 1965 until 1969, died last summer at the age of 80.

An organic chemist, Dr. Marion engaged in a career that spanned 36 years with NRC during which time he became internationally known for his work on alkaloids. Although some of these plant-derived compounds are frequently used in medicine, Dr. Marion's enthusiasm for them was motivated by their interesting chemistry.

He was the first Canadian to be named an Honorary Member of the "Société Chimique de France", and the first to receive the coveted Prix Jecker, the most important chemistry prize of the Academy of Sciences of Paris for research which has contributed most to the progress of organic chemistry. The Prize, awarded since 1857, was given to Louis Pasteur over a century ago. Dr. Marion is also one of less than a dozen Canadians to be given the degree of "Docteur de l'Université" by the Sorbonne. Others since 1918 have included the late Drs. Charles H. Best, co-discoverer of insulin, and Wilder Penfield, famed Montreal neurologist.

Dr. Marion joined the Council in 1929 after graduating from Queen's and McGill Universities. Initially, he worked full-time on the editorial staff of the Canadian Journals of Research. After about a year, he transferred to the Division of Chemistry to be associated with Dr. R.H.F. Manske on what was to be their chief life-time interest. Dr. Marion subsequently spent a year without salary and at his own expense at the University of Vienna where research in the chemistry of alkaloids and in micro-analysis was active. In 1947, he was persuaded to return to part-time editorial work with the Journals. He became Editor-in-Chief and played a major role in giving the Journals their current form. For four years, he even found time to be guest professor of organic chemistry at the Université de Montréal. His chemical work encompassed synthesis, structure determinations and biosynthesis of alkaloids in Canadian plants, and at times, other exotic species from around the globe. Botanists with a need for chemistry came to him to solve their problems. While extracting alkaloids from Canadian plants he discovered the presence (or absence) of alkaloids useful in classifying plants



Dr. Léo Marion (Photo: Capital Press Service)

that had hitherto confounded the botanists! Over the years, he organized an outstanding group of chemists which made his NRC laboratory one of the leading chemical laboratories in the world. Postdoctorate fellows from many nations received advanced training under Léo Marion and have since gone on to teaching and research posts in various parts of the world. Dr. Marion became head of the organic chemistry section of the Division of Pure Chemistry in 1943, Assistant Director of the Division in 1950, and Director in 1952. He was appointed Senior Director of NRC in 1960 and Vice-President in 1963.

Other awards and honors bestowed on him include Fellow and President of the Royal Society of Canada and of the Chemical Institute of Canada (he also received the Institute's Palladium and Montréal Medals); President of l'Association canadienne française pour l'avancement des sciences, and recipient of the Association's Parizeau Medal. He was a Fellow of the Royal Society of London and of the Chemical Society of Great Britain, and a Mem-

Le Dr Léo Marion. (Photo: Capital Press Service)

ber of the American Chemical Society. In 1963, he was appointed President of the organic chemistry division of the International Union of Pure and Applied Chemistry. He published over 200 scientific papers and contributed six chapters to the seven-volume edition of *The Alkaloids*, published by the Academic Press of New York. In addition, he held honorary degrees from a dozen Canadian universities and one from Poland.

Dr. Marion was made a Member of the Order of the British Empire in 1946. He received the Coronation Medal in 1953 and was appointed a Companion of the Order of Canada in 1967. In 1959, the Professional Institute of the Public Service of Canada awarded him their Gold Medal for his "contributions to national well-being in the fields of pure/applied science". His name is perpetuated through the establishment of The Léo Marion Lectures, inaugurated by former NRC colleagues in 1968, and by Marion Hall at the University of Ottawa. □

Joan Powers Rickerd

Dr Léo Edmond Marion (1899-1979)

Le Dr Léo Marion, ancien vice-président (Affaires scientifiques) du Conseil national de recherches du Canada et doyen de la Faculté des sciences et du génie de l'Université d'Ottawa de 1965 à 1969, est décédé l'été dernier à l'âge de 80 ans.

Spécialisé en chimie organique, le Dr Marion a embrassé une carrière dont 36 ans ont été passés au CNRC, époque durant laquelle son travail sur les alcaloïdes l'a fait connaître internationalement. Bien que quelques-uns de ces composés dérivés des plantes soient fréquemment utilisés en médecine, l'enthousiasme que leur portait le Dr Marion reposait entièrement sur leur composition chimique intéressante.

Il a été le premier Canadien à être nommé membre honoraire de la Société chimique de France et le premier à recevoir le très convoité prix Jecker, le plus important des prix en chimie décerné par l'Académie des Sciences de Paris en reconnaissance du travail de recherche qui a le plus contribué au progrès de la chimie organique. Ce prix, attribué depuis 1857, a aussi été décerné à Louis Pasteur il y a plus d'un siècle. Le Dr Marion est aussi l'un des rares Canadiens (on en compte moins d'une douzaine) auxquels le titre de "Docteur de l'Université" de la Sorbonne a été conféré. Parmi ceux qui ont reçu ce titre depuis 1918 mentionnons feu les Drs Charles H. Best, qui a contribué à la découverte de l'insuline, et Wilder Penfield, le fameux neurologue montréalais.

Le Dr Marion est entré au Conseil en 1929 après avoir obtenu ses diplômes des Universités Queen's et McGill. Au tout début, il a travaillé à temps plein comme rédacteur aux Journaux canadiens de la recherche scientifique. Environ un an plus tard, il est passé à la Division de chimie pour travailler en collaboration avec le Dr R.H.F. Manske sur ce qui devait devenir l'intérêt principal de leur vie. Subséquemment le Dr Marion a passé un an sans salaire et à ses propres frais à l'Université de Vienne où l'on effectuait des recherches sur la chimie des alcaloïdes et la micro-analyse. En 1947, on le persuada de retourner comme rédacteur à temps partiel aux Journaux canadiens de la recherche scientifique. Il en devint rédacteur en chef et joua un rôle de premier plan dans l'adoption de leur structure actuelle. Il trouva même le temps de donner des cours de chimie organique, pendant quatre ans, à titre de professeur invité à l'Université de Montréal. Ses travaux en chimie por-

taient sur la synthèse et la biosynthèse des alcaloïdes des plantes canadiennes, l'étude de leur structure et, à certains moments, d'autres espèces exotiques du monde entier. Certains botanistes qui avaient besoin de renseignements en chimie venaient souvent le voir pour résoudre leurs problèmes. Lors de travaux d'extraction des alcaloïdes de plantes canadiennes, il découvrit que la présence (ou l'absence) de certains alcaloïdes fournissait un moyen utile pour la classification de plantes qui avaient jusque-là dérouté les botanistes! Au cours des ans, il a rassemblé un groupe exceptionnel de chimistes qui ont fait de son laboratoire du CNRC l'un des laboratoires de pointe en chimie dans le monde. Des boursiers postdoctoraux de nombreux pays ont reçu une formation exceptionnelle de Léo Marion et occupent maintenant des postes dans l'enseignement ou la recherche dans diverses parties du monde. Le Dr Marion est devenu chef de la section de chimie organique de la Division de chimie pure en 1943, et directeur adjoint de la division en 1950 et directeur en 1952. Il a été nommé directeur principal du CNRC en 1960 et vice-président en 1963.

Des autres distinctions et honneurs qui lui ont été conférés, mentionnons ceux de Fellow et président de la Société royale du Canada et de l'Institut de chimie du Canada (il a reçu les médailles Palladium et Montréal de

l'Institut); il a aussi été président de l'ACFAS (Association canadienne-française pour l'avancement des sciences), et il a reçu la Médaille Parizeau de cette association. Il était Fellow de la Société royale de Londres et de la Chemical Society of Great Britain, et membre de l'American Chemical Society. En 1963, il a été nommé président de la Division de chimie organique de l'Union internationale de chimie pure et appliquée. Il a publié plus de 200 communications scientifiques et contribué à la rédaction de six chapitres de l'édition en sept volumes de "The Alkaloids", publiée par l'Academic Press of New York. De plus, il détient des titres honorifiques de plus d'une douzaine d'universités canadiennes et d'une université polonaise.

Le Dr Marion a été reçu dans l'Ordre de l'Empire britannique en 1946 et nommé Compagnon de l'Ordre du Canada en 1967. On lui a décerné la Médaille du Couronnement en 1953 et, en 1959, l'Institut professionnel de la Fonction publique du Canada lui a décerné sa médaille d'or pour sa "contribution au bien-être national dans le domaine des sciences pures et appliquées". Son nom est perpétué par la création des conférences Léo Marion, inaugurées en 1968 par d'anciens collègues du CNRC, et par le pavillon Marion de l'Université d'Ottawa. □

Texte français: Denise de Broeck

A group of postdoctorate fellows work under the guidance of Dr. Léo Marion (left). (Photo: NRC)

Un groupe de boursiers postdoctoraux travaille sous la direction du Dr Léo Marion (à gauche). (Photo: CNRC)



Biomass

The path to Canada's energy self-reliance

NRC biologists are working on a technique for converting cellulose from plants into the fuel methane. The conversion process relies on the activities of two types of bacteria, one that digests cellulose (a renewable resource) into simpler materials such as sugars, acetic acid, hydrogen and carbon dioxide, the other, which converts some of these products into methane. The scientists can grow these bacteria together in a laboratory system in which 90 per cent of the cellulose is converted into methane.

Sweden is a good example of a nation committed to energy self-reliance; its goal is to phase out fuel imports over the next three decades. The Swedish strategy is simple — convert from oil to biomass, a term used to describe living things which use the sun as the primary source of energy. Forests, for example, are the main source of biomass in Sweden. The solar energy stored in trees can be converted into useful forms of energy in a variety of ways. In Canada, we have an enormous potential in this area — we have the largest forest area per capita in the world, with four out of every five acres of land covered by forest.

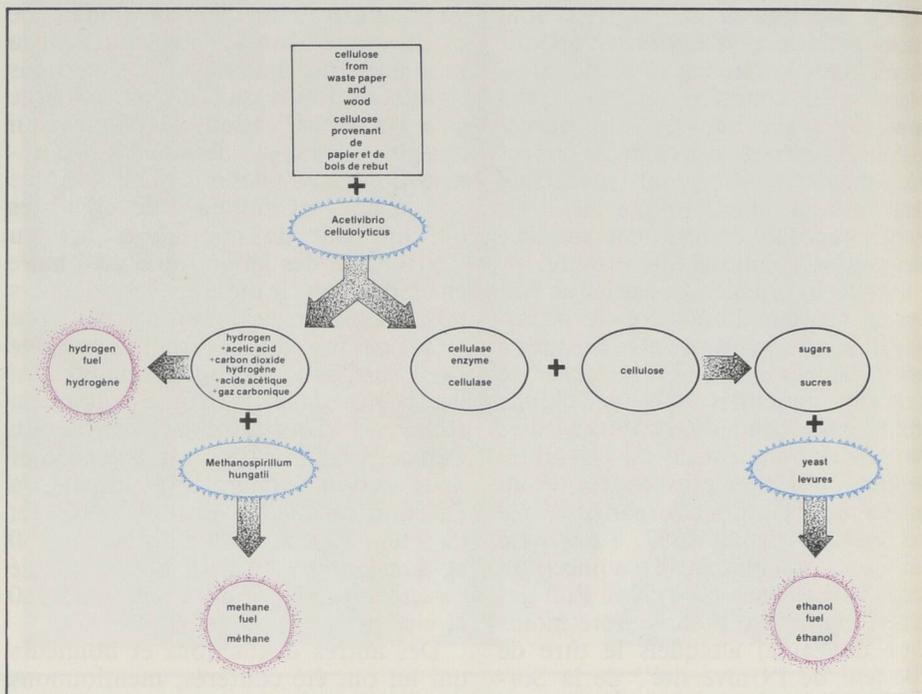
Many schemes are now being developed here and abroad to use biomass effectively as an energy source. The list includes production of alcohol from waste grains, gasification of waste wood, and the fermentation of manure and digestion of sewage to produce methane.

At NRC, two major projects are under way for the production of methane, one from sewage (see Science Dimension No. 3, 1979), and the other, from cellulose (the major component of the mass of most plants).

The conversion of cellulose to methane now looks promising because

The discovery of cellulose-digesting and methanogenic bacteria by scientists in the Division of Biological Sciences opens the way for the production of the fuels hydrogen, methane, and ethanol. The beauty of the system: the raw material is Canada's biggest renewable resource. (Graphic: John Bianchi)

La découverte par des scientifiques de la Division des sciences biologiques de bactéries méthanogènes ainsi que de bactéries capables de digérer la cellulose pourrait rendre possible la production de carburants comme, par exemple, l'hydrogène, le méthane et l'éthanol. Ceci est d'autant plus intéressant que la matière première utilisée constitue la plus importante ressource renouvelable au Canada. (Illustration: John Bianchi)

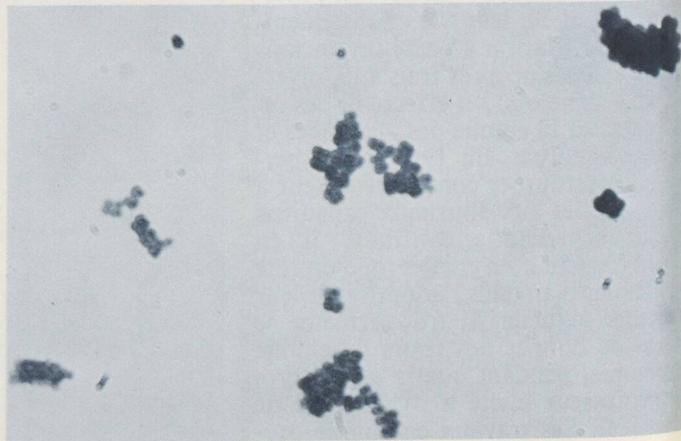
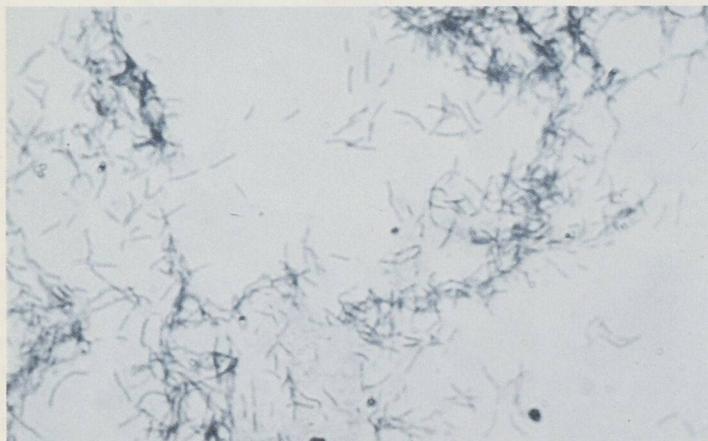


The two bacteria used in the laboratory system to produce methane from cellulose. The one on the left, *Acetivibrio cellulolyticus* converts the cellulose to hydrogen, carbon dioxide and acetic acid and the other, *Methanospirillum hungatii* converts the hydrogen and acetic acid into methane. (Photo: Div. of Biol. Sci.)

Les deux bactéries utilisées au laboratoire pour la production de méthane à partir de la cellulose. L'*Acetivibrio cellulolyticus*, à gauche, transforme cette substance en hydrogène, gaz carbonique et acide acétique et le *Methanospirillum hungatii*, à droite, synthétise le méthane à partir de l'hydrogène et de l'acide acétique obtenus. (Photo: Division des sciences biologiques)

of the discovery of a unique bacterium — *Acetivibrio cellulolyticus* — by microbiologists Drs. Waheed Khan and Girish Patel. This microscopic creature, first detected in a culture started from sewage, is capable of breaking down cellulose into products which other sewage bacteria convert into methane.

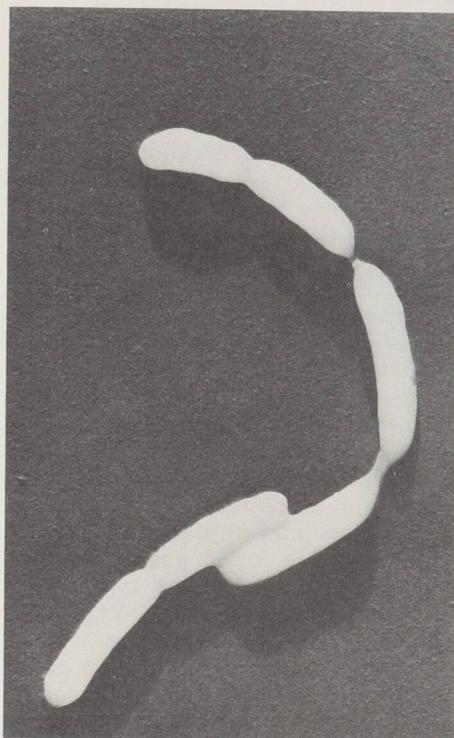
In nature these bacteria can be found anywhere plant decay occurs. Whether in river sediments, forest soil, or sewage treatment plants, these minute



Le cap sur l'autosuffisance énergétique

On se tourne vers la biomasse

Des biologistes du CNRC travaillent à l'élaboration d'une méthode permettant de convertir la cellulose des plantes en méthane. Le processus de transformation résulte de l'activité de deux types de bactéries: les premières ayant pour rôle de décomposer la cellulose (ressource renouvelable) en substances plus simples comme, par exemple, des sucres, de l'acide acétique, de l'hydrogène, et du gaz carbonique; et les secondes utilisant certains de ces produits de dégradation pour synthétiser du méthane. La culture conjuguée de ces bactéries au laboratoire a permis aux scientifiques d'obtenir une transformation de 90% de la cellulose en méthane.



L'*Acetivibrio cellulolyticus*, micro-organisme en forme de bâtonnet, grossi 10 000 fois à l'aide du microscope électronique. (Photo: Division des sciences biologiques)

Hot-dog shaped *Acetivibrio cellulolyticus* magnified 10,000 times by electron microscopy. (Photo: Div. of Biol. Sci.)

lyticus, la conversion de la cellulose en méthane est devenue une possibilité beaucoup plus intéressante. Cet organisme microscopique, détecté pour la première fois dans la culture d'un échantillon de micro-organismes provenant d'effluents résiduaires, est capable de décomposer la cellulose en produits que d'autres bactéries, présentes dans le même milieu, utilisent pour synthétiser du méthane.

Dans la nature on retrouve ces bactéries dans tous les milieux contenant des végétaux en décomposition. Mais, qu'elles proviennent de sédiments fluviaux, de sols forestiers ou d'usines d'épuration municipales, elles ont la capacité particulière de se développer en l'absence d'oxygène, élément indispensable à la survie de la plupart des organismes sur Terre. Elles partagent leur habitat privé d'air avec une foule d'autres bactéries, et leur association produit une niche écologique qui leur est mutuellement profitable.

Mais, dans quelle mesure ces bactéries capables de digérer la cellulose pourront-elles contribuer à assurer l'avenir énergétique du Canada? Laissons le Dr Khan nous l'expliquer:

“Jusqu'à présent, la plupart des travaux portant sur l'exploitation de ces bactéries pour la production industrielle de méthane ont été appliqués à des installations comme, par exemple, les usines d'épuration municipales. Dans ces milieux, toute une variété de bactéries contribuent à la décomposition des protéines, des lipides, des hydrates de carbone et de la cellulose, alors que d'autres, appelées méthanogènes, utilisent les produits de dégradation, généralement des acides organiques, du gaz carbonique et de l'hydrogène, pour synthétiser du méthane. Or, ce procédé présente un problème: il arrive que le développement des bactéries responsables de la décomposition des déchets soit parfois inhibé sans raison apparente. Mais les milieux étudiés sont si complexes qu'il est extrêmement difficile de satisfaire simultanément aux besoins des diverses bactéries qui s'y développent.

“Face à ces difficultés, nous avons décidé d'adopter une approche différente, c'est-à-dire d'utiliser des cultures pures de bactéries capables de produire du méthane. Nous espérons ainsi déterminer les conditions les plus favorables au développement de chacun des principaux groupes de bactéries intervenant dans ce processus en vue d'optimiser la vitesse de production d'énergie. Ceci est d'autant plus important que la quantité de méthane synthétisée est souvent fonction de la vitesse de dégradation de la cellulose et que, dans des cultures mixtes, les mécanismes de dégradation sont affectés par plusieurs facteurs.

“Après avoir déterminé les conditions permettant le développement optimum des bactéries responsables de la digestion de la cellulose et de la synthèse du méthane, nous avons mis au point un procédé simple de fermentation utilisant la culture conjuguée de ces deux groupes de bactéries. Cette méthode nous a permis de réaliser la transformation de la cellulose en méthane avec un rendement de 90%.”

On envisage actuellement d'étudier la fermentation à grande échelle en collaboration avec un autre microbiologiste, le Dr Stan Martin, et le succès de ses travaux permettra de convaincre l'industrie de la faisabilité de ce procédé.

Mais la possibilité de produire du méthane n'est pas l'unique avantage que nous réservent ces recherches. Elles touchent également à une variété d'autres questions comme, par exemple, l'atténuation de la pollution, la

De toutes les nations déterminées à atteindre une autosuffisance énergétique, la Suède est un bon exemple; elle s'est fixé comme objectif d'éliminer toute importation de carburant d'ici trente ans. Sa stratégie est simple — elle vise à remplacer la filière du pétrole par celle de la biomasse représentant l'ensemble des organismes vivants qui utilisent le rayonnement solaire comme source d'énergie de base. En Suède, par exemple, ce sont les forêts qui constituent la principale source de biomasse. Or, l'énergie solaire emmagasinée dans les arbres peut être transformée de plusieurs façons en d'autres formes d'énergie utilisables. Sous ce rapport, le Canada possède d'énormes possibilités: c'est le pays au monde qui compte le plus grand nombre d'arbres par habitant, les forêts recouvrant 80% de sa superficie.

On travaille actuellement, aussi bien au pays qu'à l'étranger, à l'élaboration d'un grand nombre de procédés permettant une utilisation efficace de la biomasse comme source d'énergie. On étudie la production d'alcool à partir de déchets agricoles, la gazéification de déchets forestiers ainsi que la fermentation du purin et la digestion bactérienne des effluents résiduaires pour la production de méthane.

Au CNRC, deux projets majeurs ont été lancés dans le domaine de la production du méthane; le premier porte sur l'utilisation des effluents résiduaires (voir Science Dimension n° 3, 1979), et l'autre étudie la transformation de la cellulose (le plus important des éléments constitutifs de la majorité des végétaux).

Depuis que les docteurs Waheed Khan et Girish Patel, tous deux microbiologistes, ont découvert une bactérie particulière appelée *Acetivibrio cellu-*

denizens have a peculiar ability to flourish in the absence of oxygen, which is so vital to the existence of most earthly organisms. They share their oxygen-free habitat with a host of other bacteria, together creating a cozy ecological niche for their mutual benefit.

How will these cellulose-digesting bacteria contribute to Canada's energy future? Khan explains. "Up to now, most of the work in harnessing these bacteria for the commercial production of methane has centered around systems such as the sewage treatment plant. There, a whole variety of bacteria work to break down proteins, fats and carbohydrates, including cellulose, while others called methanogens utilize the breakdown products, usually organic acids, carbon dioxide and hydrogen, to make methane. But there is a problem with this technique. The digesters have a tendency to fail for no apparent reason. The system is so complex that it is extremely difficult to keep all the different bacteria happy at the same time.

"Considering the problems with these digesters, we decided to take a different approach, one in which we could use pure cultures of bacteria to carry out the functions of methane production. We hoped to define the best conditions for each of the major groups of bacteria involved in order to optimize the rate of energy production. This is especially important since the rate of breakdown of cellulose tends to limit the amount of methane produced, and in mixed cultures the breakdown is affected by several factors.

"Once we determined the optimum conditions for both the cellulose digesting and methane-producing bacteria, a simple co-culture fermentation procedure containing both the cellulolytic and methanogenic bacteria was established. By this method we have achieved conversion of cellulose into methane with 90 per cent efficiency."

Now large-scale fermentation studies are being planned in cooperation with microbiologist Dr. Stan Martin. His success is crucial to convincing industry to follow up on the process.

But methane production isn't the only potential benefit to come from this work. It touches on areas as diverse as pollution abatement, the production of enzymes, sugar (glucose), petrochemicals, and synthetic rubber. Neither is methane the only fuel that can be produced — alcohol and hydrogen are also possibilities.

For alcohol production, the cellulolytic enzyme produced by these bacteria is used to convert cellulose into sugars which can then be fermented into alcohol by yeast. With recent

advances in separating water from alcohol, this process could be highly competitive for energy production.

To produce hydrogen, a pure culture of cellulolytic bacteria is fed on cellulose, which is converted into sugars, carbon dioxide and hydrogen. The carbon dioxide gas which contaminates both the hydrogen and methane fuels can easily be scrubbed out by passing the gas through an alkaline solution.

But one may ask, what are the costs for producing energy from this system? Although the scientists have not as yet determined unit costs, data from less sophisticated procedures indicate that production of biogas in this way is competitive. For instance, a study in the United States indicates that biogas produced from sewage, in 1977, cost about 39 cents per million BTU (about one billion joules), while fuel produced from the gasification of coal would cost about 90 cents.

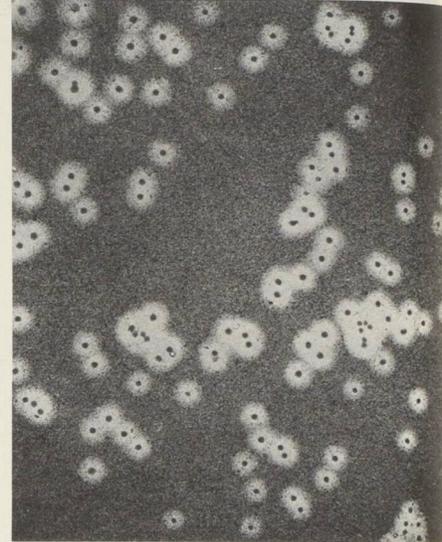
The most important consideration in using cellulose for biogas production, however, is that it ranks as Canada's biggest renewable resource. In garbage alone we generate more than 1 kg of cellulose material per person per day, a figure that does not take into account commercial wastes. Match this with the fact that in the forestry and pulp and paper industry over half the tree is wasted — left to rot and often pollute.

Future advances may make the system even more cost effective. With the aid of modern genetics, Dr. Martin will attempt to improve on nature. With some gentle persuasion he may well be able to produce more vigorous bacterial strains. □

Sadiq Hasnain

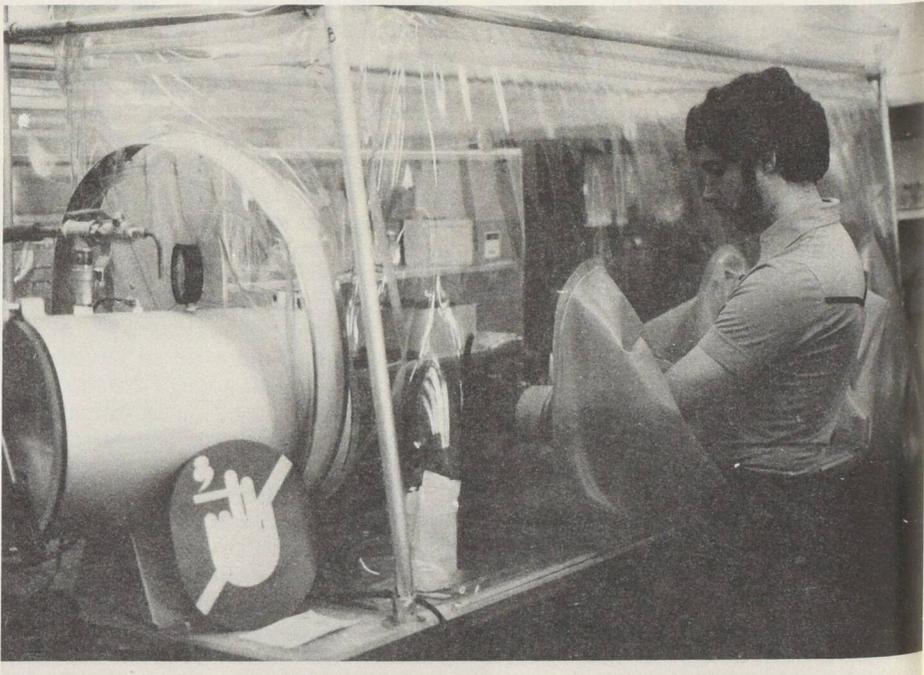
Colonies of *Acetivibrio cellulolyticus* (dark spots) growing in a nutrient medium containing cellulose. The clear zones around each colony form as the cellulose is broken down by the cellulase enzyme secreted by the bacteria. (Photo: Div. of Biol. Sci.)

Colonies d'*Acetivibrio cellulolyticus* (taches sombres) se développant dans un milieu contenant de la cellulose. Les zones claires autour de chaque colonie correspondent à la décomposition de la cellulose à l'aide de la cellulase, enzyme sécrétée par les bactéries. (Photo: Division des sciences biologiques)



Brian Agnew prepares nutrient plates for growing the cellulose-digesting bacteria in an oxygen-free environment. Other members of the research team include Waheed Khan, Girish Patel, John Saddler, Colette Breuil, Victoria Laube and Mary Mes-Hartree. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Brian Agnew prépare un milieu nutritif pour la culture de bactéries capables de digérer la cellulose dans une atmosphère ne contenant pas d'oxygène. L'équipe de recherche comprend également Waheed Khan, Girish Patel, John Saddler, Colette Breuil, Victoria Laube et Mary Mes-Hartree. (Photo: Bruce Kane, CNRC)



production d'enzymes, de sucre (glucose), de produits pétrochimiques et de caoutchouc synthétique. De même, le méthane n'est pas le seul carburant pouvant résulter de la fermentation de matières organiques; l'alcool et l'hydrogène en sont d'autres.

Pour la production d'alcool, on fait fermenter, sous l'action de levures, les sucres provenant de la décomposition de la cellulose à l'aide de l'enzyme cellulolytique sécrétée par les bactéries étudiées. Avec les récents perfectionnements des méthodes de déshydratation de l'alcool, ce procédé pourrait conduire à une méthode très avantageuse pour la production d'énergie.

L'hydrogène peut être obtenu à la suite de la dégradation de la cellulose par une culture pure de bactéries cellulolytiques et ce processus s'accompagne en même temps de la production de sucres et de gaz carbonique. L'élimination du gaz carbonique qui contamine l'hydrogène ainsi que le méthane peut être réalisée en faisant barboter le mélange gazeux obtenu dans une solution alcaline.

Mais, pourrait-on demander, quel sera le coût de l'énergie produite à l'aide de cette méthode? Bien que les scientifiques ne l'aient pas encore déterminé au chiffre exact, des calculs moins élaborés ont démontré que l'utilisation de ce procédé pour la production de biogaz est en effet rentable. Les résultats d'une étude effectuée, en 1977, aux États-Unis indiquent que, pour un rendement énergétique de un million de BTU (à peu près un milliard de joules), par exemple, le coût du biogaz tiré d'effluents résiduels était d'environ 39 cents alors que celui du carburant obtenu à la suite de la gazéification du charbon s'élevait à près de 90 cents.

Cependant, l'aspect le plus important de l'utilisation de la cellulose pour la production de biogaz réside dans le fait que cette matière constitue la plus grande ressource renouvelable du Canada. Les ordures ménagères à elles seules peuvent fournir plus de un kilo de cellulose par personne et par jour. À ceci s'ajoutent les déchets provenant des industries forestières et de pâte à papier qui utilisent moins de la moitié de leur matière première, laissant le reste pourrir et polluer l'environnement.

La réalisation de progrès éventuels pourrait contribuer à rendre cette technique encore plus avantageuse. À l'aide de la génétique moderne, le Dr Martin essaiera d'améliorer les possibilités que nous offre la nature et d'obtenir éventuellement une nouvelle souche de bactéries plus vigoureuse. □

Texte français: Annie Hlavats

FASTEN HERE - SCOLLER ICI



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

National Research Council Canada
Conseil national de recherches Canada

**OTTAWA
CANADA
K1A 0R6**

Public Information - Information publique

CUT - DECOUPEZ

1980/1

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

FOLD OUT

NAME - NOM

TITLE - TITRE

ORGANIZATION - ORGANISME

STREET - RUE

CITY - VILLE

PROVINCE

POSTAL CODE POSTAL

COUNTRY - PAYS

IS YOUR ADDRESS LABEL CORRECT?

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

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

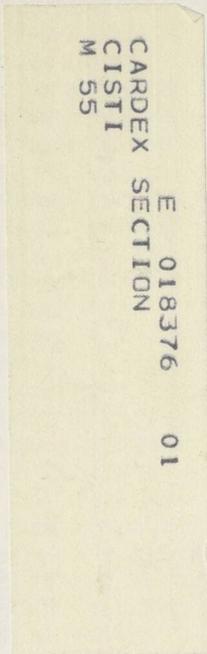
VOS NOM ET ADRESSE COMPORTENT-ILS UNE ERREUR?

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

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

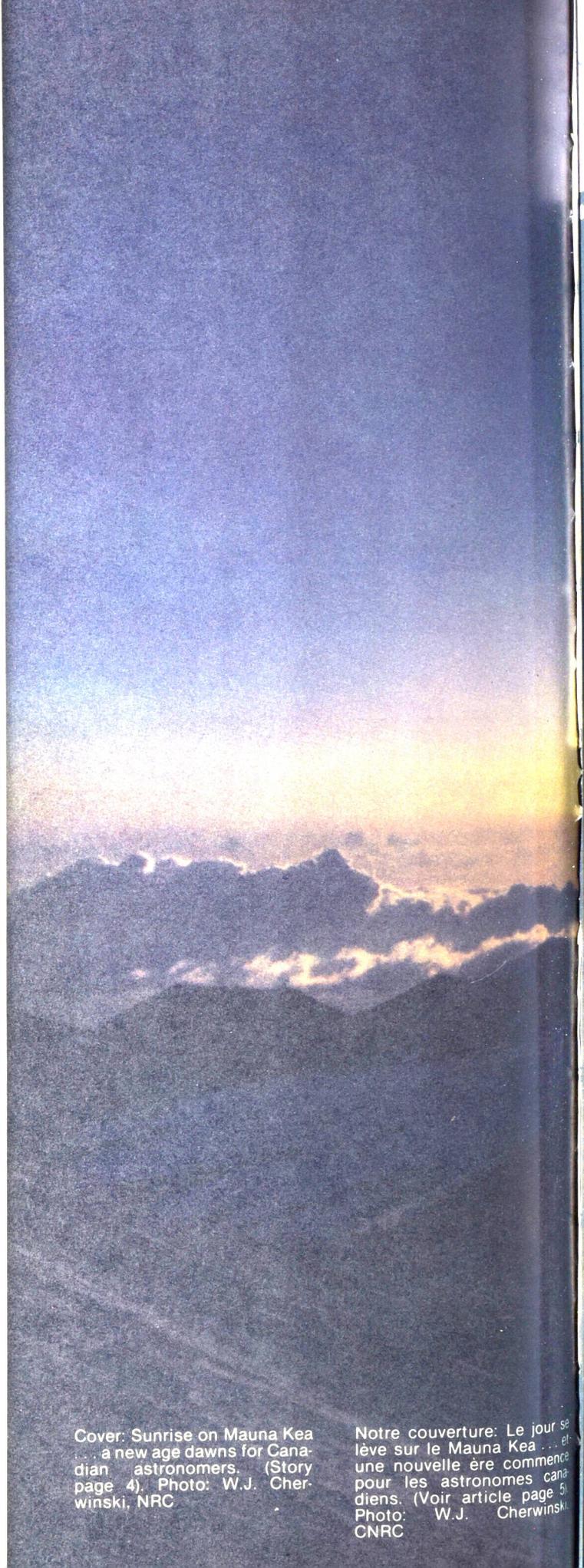
FOLD-IN - PLIEZ VERS L'INTÉRIEUR

CUT - DÉCOUPEZ




 National Research Council
 Canada
 Ottawa, Canada
 K1A 0P6
 Conseil national de recherches
 Canada
 Ottawa, Canada
 K1A 0P6

| | |
|------------------|----------------------------|
| Canada Post | Postes Canada |
| Bulk Third Class | En nombre Troisième classe |
| K1A 0P6 Canada | |



Cover: Sunrise on Mauna Kea ... a new age dawns for Canadian astronomers. (Story page 4). Photo: W.J. Cherwinski, NRC

Notre couverture: Le jour se lève sur le Mauna Kea ... et une nouvelle ère commence pour les astronomes canadiens. (Voir article page 5). Photo: W.J. Cherwinski, CNRC