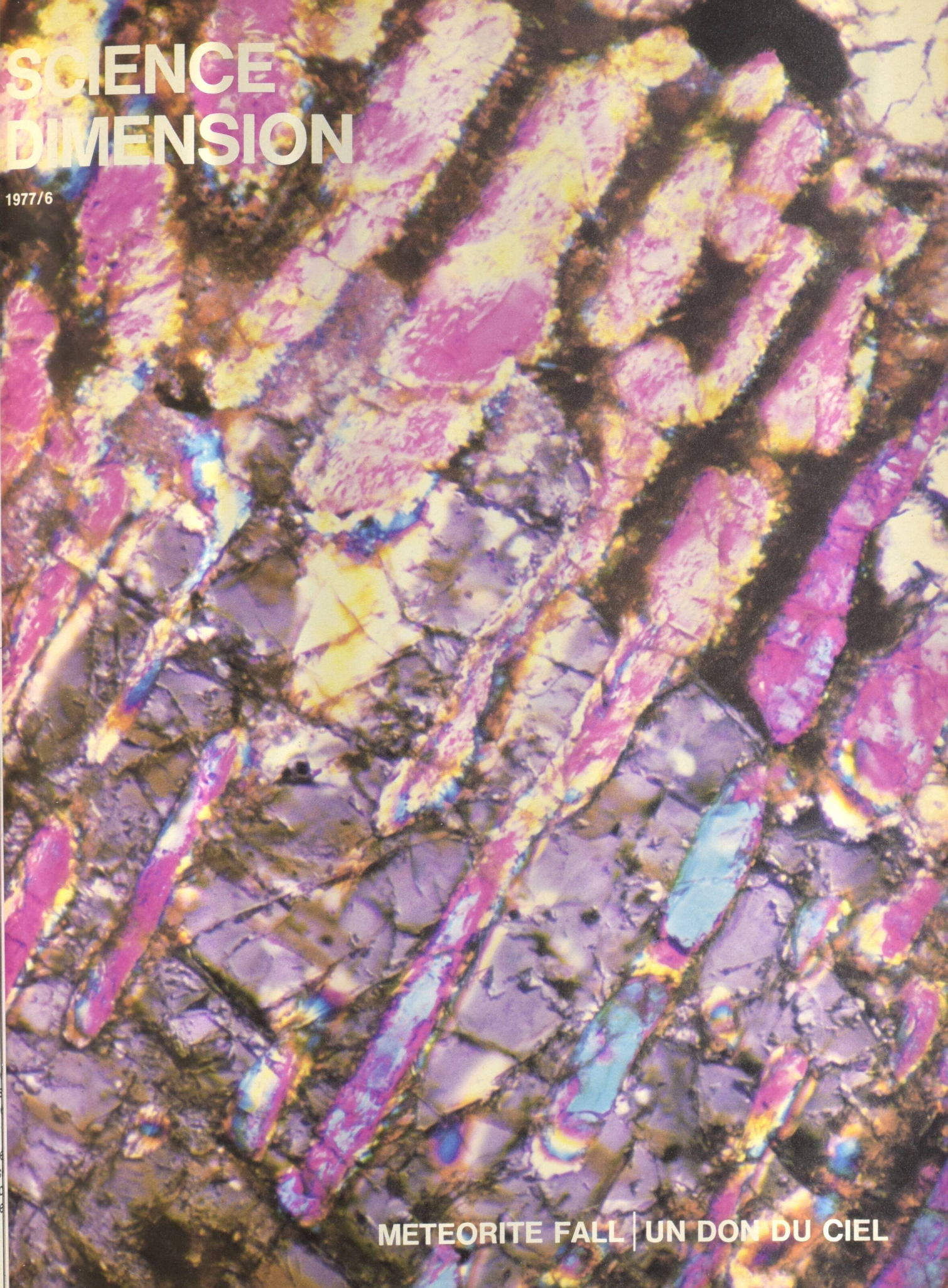
SCIENCE DIMENSION

1977/6



METEORITE FALL | UN DON DU CIEL

SCIENCE DIMENSION

National Research Council Canada | Conseil national de recherches Canada

Vol. 9, No. 6, 1977

ISSN 0036-830X

CONTENTS

4 Meteor find
Biography of a shooting star

6 Thermostat timer
A household energy saver

8 Episodic waves
Natural giants simulated in the laboratory

12 Hugh LeCaine
Father of electronic music in Canada

16 Air cushion vehicles
Icebreaking made easy

20 The North Star
Flying magnetic laboratory

24 At the edge of technology
The space shuttle's manipulator arm

26 Index 1977

Cover: The composition of meteorites tells scientists much about the nature of our solar system. Under the microscope, thin sections such as this one (of the Shelburne meteorite found in Dufferin county in 1904) reveal the fine details of the body's structure. Pink colored bars of the mineral olivine are seen embedded in a grayish matrix of orthopyroxene. (The area shown is less than 1 mm^2.) On rare occasions, this information is complemented by knowledge of where the meteorite originated from in space. (Story page 4.) Photomicrograph courtesy Dr. George Plant, Energy, Mines and Resources and David Gillan, NRC.

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 Loris Racine
Managing Editor Wayne Campbell
Executive Editor Joan Powers Rickerd

Sir Bernard Lovell
Exploring the universe

Mansell Acres, NRC/CNRC

Sir Bernard Lovell

During the past two decades our picture of the universe has been revolutionized. Astronomers who once contemplated a serene and explicable cosmos are now trying to understand events of stunning violence: the primeval fireball from the "big bang" with which everything began; black holes, collapsed stars so dense they swallow their own light; quasars, the most remote of all known objects, receding from us at speeds close to that of light; pulsars, tiny stars flashing bursts of energy as they whirl around. These bizarre phenomena have been revealed by radio astronomy, one of whose founders, Sir Bernard Lovell, recently spoke at NRC.

Traditionally, astronomy has been limited by what we can see; but visible light is only a small segment of the spectrum of energy radiated by objects in space. Now, using instruments sensitive to invisible radio waves, radio astronomers explore the universe much as optical astronomers do with telescopes.

Sir Bernard's interest in this technique grew from his wartime work on radar. His major contribution was to organize, despite considerable obstacles, the building of a giant radio telescope at Jodrell Bank in England. This pioneering instrument, for many years the world's largest, has a bowl-shaped antenna 76 m in diameter, cradled in a steerable mounting that allows it to track a radio source as the earth moves. In Ottawa, Sir Bernard described current observations from Jodrell Bank which are challenging conventional theories.

Using their telescope as a time machine to view the far reaches of the universe billions of years ago, Jodrell Bank astronomers have been searching for the clouds of hydrogen gas which, according to the postulate of two Russian cosmologists, should be out there, condensing into galaxies. The clouds, however, could not be found, forcing refinements to the theory.

Pulsars, strange stars which emit bursts of energy (with such precision that their discoverers considered the possibility that they were intelligent signals from life elsewhere in the universe) are considered to be the remains of supernovae explosions. But a Jodrell Bank survey of pulsars in our galaxy questions this explanation by providing a conservative estimate of the birth rate of pulsars three times larger than that of supernovae.

Why did Sir Bernard never use Jodrell Bank to search for extraterrestrial civilizations? Because the probability of the factors that led to life evolving on this planet being duplicated elsewhere was very close to zero. We are the product of an extraordinary series of unlikely accidents.

The techniques pioneered by men such as Sir Bernard Lovell for exploring the universe have enormously extended our sphere of observation, revealing things which our theories are still inadequate to explain. □

Sir Bernard Lovell

L'exploration de l'univers

Au cours des deux dernières décennies, notre concept de l'univers a été entièrement bouleversé. Les astronomes qui avaient cru prouver l'existence d'un univers statique essayent aujourd'hui d'expliquer des phénomènes d'une violence extraordinaire comme, par exemple, l'explosion primordiale ou «big bang» qui est à l'origine de l'univers; les trous noirs ou étoiles effondrées si denses qu'elles ne laissent échapper aucune radiation; les quasars, ces mystérieux objets qui s'éloignent continuellement de nous à des vitesses approchant celle de la lumière; les pulsars, ou très petites étoiles émettant de très brèves impulsions d'énergie. Tous ces phénomènes fantastiques ont été révélés grâce à la radioastronomie, et l'un de ses fondateurs, Sir Bernard Lovell, a récemment tenu une conférence au CNRC.

L'astronomie a toujours été limitée en fonction de notre champ de vision, cependant la lumière visible ne représente qu'une petite partie du spectre d'énergie émis par tous les objets de l'espace. Aujourd'hui, à l'aide d'instruments sensibles aux ondes radio imperceptibles à l'œil, les radioastronomes explorent l'univers, tout comme les astronomes classiques.

L'intérêt de Sir Bernard pour cette technique a été suscité par ses travaux sur le radar lors de la dernière guerre. Sa contribution la plus remarquable a été la construction d'un radiotélescope géant à Jodrell Bank, en Angleterre. Cet instrument de pionnier, qui pendant de nombreuses années a été le plus grand du monde, est muni d'une antenne en forme de coupole d'un diamètre de 76 m; il peut pivoter de façon à capter les ondes radio sans interruption malgré la rotation de la terre. Lors de sa conférence à Ottawa, Sir Bernard a évoqué des observations faites à Jodrell Bank qui remettent en question les théories conventionnelles.

Se servant de leur télescope comme d'une machine à remonter le temps pour observer les confins de l'univers, tels qu'ils se présentaient il y a des milliards d'années, les astronomes de Jodrell Bank ont essayé de détecter les nuages d'hydrogène qui, selon la théorie de deux scientifiques russes, seraient en voie de condensation pour donner naissance à de nouvelles galaxies. Ces nuages n'ont pas été trouvés: la théorie devra être reconsidérée.

Les pulsars, ces étoiles mystérieuses dont les impulsions d'énergie se produisent à intervalles si réguliers qu'elles ont fait penser à des signaux provenant d'une autre forme d'intelligence, sont aujourd'hui considérés comme les restes de supernovae. Les recherches effectuées à Jodrell Bank ont toutefois jeté le doute sur cette théorie en prouvant qu'il naît au moins trois fois plus de pulsars que de supernovae.

Pourquoi Sir Bernard n'a-t-il jamais utilisé l'installation de Jodrell Bank pour rechercher l'existence de civilisations extraterrestres? Parce que la probabilité que toutes les circonstances responsables de l'origine de la vie sur notre planète se reproduisent ailleurs est pratiquement nulle. D'après lui, nous sommes le résultat d'une série extraordinaire de coïncidences singulières.

Les techniques mises au point par des hommes comme Sir Bernard Lovell pour explorer l'univers ont permis d'accroître considérablement notre champ d'observation et nous ont révélé des phénomènes que nos théories sont encore incapables d'expliquer. □

Jodrell Bank

British High Commission/Haut commissariat de Grande-Bretagne

SCIENCE DIMENSION

Conseil national de recherches Canada | National Research Council Canada

Vol. 9 N° 6, 1977

ISSN 0036-830X

SOMMAIRE

5 Découverte d'une météorite
L'histoire d'une étoile filante

7 Le programmateur de la température
Une économie sans peine

9 Les supervagues
Simulation en laboratoire d'une curiosité de la nature

13 Hugh LeCaine
Créateur de la musique électronique au Canada

17 Le brise-glace à coussins d'air
Une découverte canadienne prometteuse

21 Le North Star
Magnétomètre volant

25 À la frontière de la technologie
Le télémanipulateur de la navette spatiale

26 Articles 1977

Notre couverture: La composition chimique des météorites est une source de renseignements sur la nature de notre système solaire. L'examen microscopique de fines coupes révèle tous les détails de la structure de la pierre. Cette coupe provient de la météorite de Shelburne trouvée dans le comté de Dufferin en 1904. Des incrustations rectilignes d'olivine (roses) sont enfermées dans une structure grise d'orthopyroxène. (La surface de la coupe est inférieure à 1 mm^2.) Dans certains cas exceptionnels, à ces renseignements s'ajoute la connaissance de l'origine de la météorite dans l'espace (voir article page 5). Photomicrographie du Dr George Plant, du Ministère de l'énergie, des mines et des ressources, et de David Gillan, du CNRC.

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 Joan Powers Rickerd

Innisfree meteorite — Winter windfall

Canadian scientists are reading the biography of a meteorite photographed in the Prairie sky, then recovered on earth.

It weighed 4 lb. 9 oz. and like any new arrival drew a good deal of fuss and attention. But this one was different — born in the asteroid belt and left in the dead of winter on science's doorstep — Canada's newest meteorite.

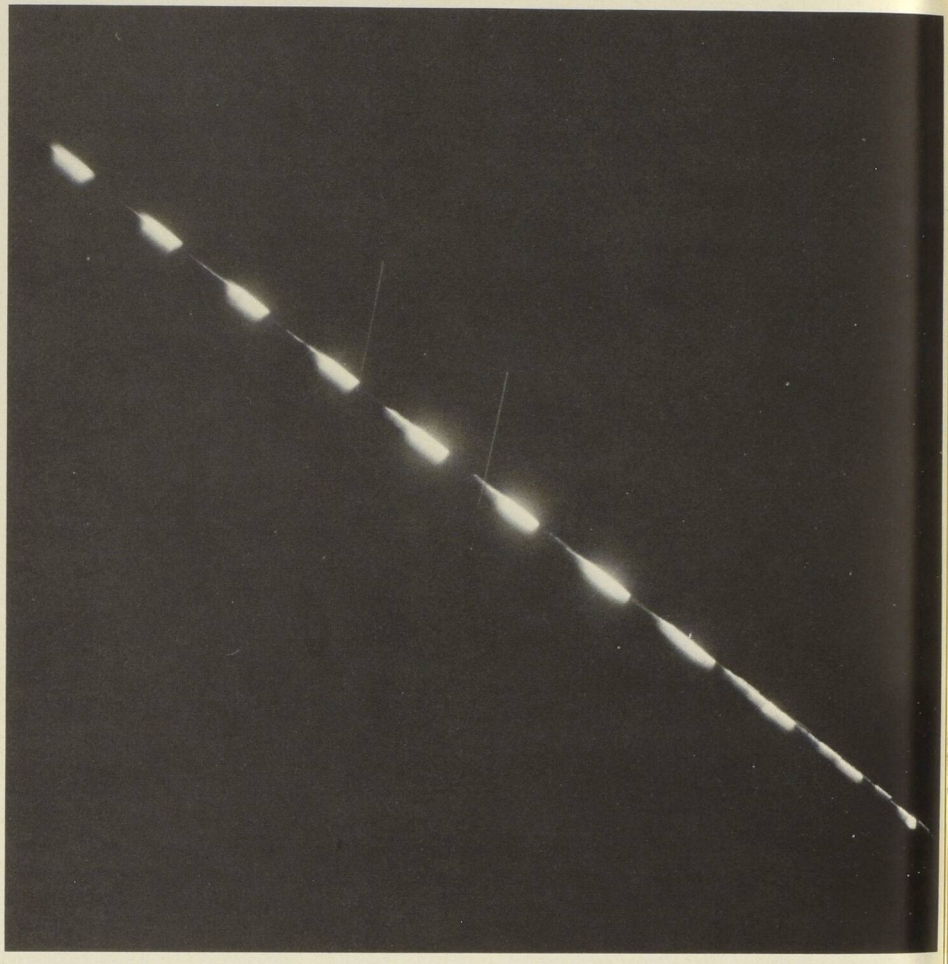
"The thing that makes it so special," notes astrophysicist Ian Halliday, "is that we have pictures of it coming down through the atmosphere. In fact, this is only the third time anywhere that a meteorite has been found after it was photographed in flight."

On such rare occasions, the photographs tell scientists how fast the earth-bound particle was moving, the path it took into our atmosphere and even where it came from in the solar system. But most important of all, having fragments to analyze in the laboratory gives scientists the chance to relate a sample's physical and chemical characteristics to its orbit and environment in space.

During early February, Dr. Halliday's successful meteorite search was triggered by a fireball event over Northern Alberta. While eyewitnesses in the vicinity followed the "shooting star", NRC's western network of semi-automatic camera tracking stations (the Meteorite Observation and Recovery Project) recorded the flight on film. Two of the exposures contained just the information astronomers needed to retrace the meteorite's steps and compute a possible landing area. The trail led a search party from the Herzberg Institute of Astrophysics in Ottawa to Innisfree, a small community some 140 km east of Edmonton.

"I recognized the meteorite immediately," recalls Halliday, who spent nearly four hours on snowmobile combing open fields in the computed target area. "There it was, sitting up in plain sight against the snow, barely a quarter mile off our predicted flight path."

Halliday wasted little time in flying his prize to Washington state for analysis at the Battelle Memorial Institute. There, sensitive radiation counters went to work measuring the decay of various isotopic elements in the sample. Cobalt-60 tests indicated the object weighed less than 100 kg when it hit the atmosphere. More isotope measurements, for aluminum-26, lead and other elements of different half-lives will provide a form of age dating, indicating both the meteorite's history of cosmic ray exposure and when it solidified during the solar system's adolescence.



Battelle Memorial Institute

The falling meteorite as photographed by the NRC camera station at Vegreville, Alberta. During exposure, the image is chopped automatically into many short segments, each streak being separated from the next by exactly one-quarter second. This method of time marking is used to determine the meteorite's speed on its plummet to earth. Two trails become visible (lower right) when the original single stone begins to fragment.

La météorite photographiée pendant sa chute par les caméras de la station de poursuite de Vegreville, dans l'Alberta. Des clichés consécutifs sont pris automatiquement à intervalles réguliers espacés d'un quart de seconde. Cette méthode de chronophotographie permet de déterminer la vitesse de la météorite lors de sa descente vers la Terre. Deux traînées lumineuses deviennent visibles (en bas à droite) lorsque la roche commence à se fragmenter.

"Making these measurements quickly was vital," explains Halliday, "especially for the short-lived isotopes which could decompose and disappear in a matter of weeks. Now, with results for different isotopes to compare, we will have enough information to learn about the conditions the meteorite encountered during different parts of its space odyssey."

These results along with geological tests being carried out by Dr. Robert Folinsbee at the University of Alberta in Edmonton, may be doubly interesting for Halliday and his Herzberg Institute colleagues. As luck would have it, the Innisfree stone fell during a period of sunspot minimum, a low ebb of solar activity. Normally, magnetic fields generated by the Sun near the inner planets shield against cosmic ray bombardment. However, during solar minima, when the shielding is weakest, higher radiation effects can be expected inside the asteroid belt. These, in turn, should show up in isotope measurements on the meteorite sample. By contrast, the two previous occasions on which meteorites were both photographed and recovered, Czechoslovakia in 1959 and Oklahoma in 1970, occurred during sunspot maxima. □

Wally Cherwinski

La météorite d'Innisfree
Un cadeau tombé du ciel

Des scientifiques canadiens retracent l'histoire de la météorite photographiée au cours de sa trajectoire dans le ciel des Prairies et recueillie à Innisfree.

Elle pèse 4 livres et 9 onces (2,1 kg), et comme tout nouveau-né, elle est entourée de soins et d'attention. Cependant, elle est unique en son genre. Conçue dans la ceinture des astéroïdes, elle est tombée en plein hiver dans les bras de la science; il s'agit, bien entendu, de la dernière météorite recueillie au Canada.

«Ce qui la singularise», a remarqué l'astrophysicien Ian Halliday, «c'est que nous l'avons photographiée pendant sa traversée de l'atmosphère. Ce n'est que la troisième fois au monde qu'on a retrouvé une météorite de cette façon.»

Les clichés obtenus lors de ces rares occasions révèlent la vitesse de l'objet, sa trajectoire et son origine dans notre système solaire. Mais surtout, grâce aux analyses des fragments, les scientifiques ont pu lier les caractéristiques physiques et chimiques de l'échantillon à son orbite et à l'environnement auquel il a été soumis dans l'espace.

C'est l'observation d'une boule de feu au nord de l'Alberta, au début de février, qui a amené le Dr Halliday à entreprendre cette recherche. Des témoins oculaires avaient suivi la trajectoire de «l'étoile filante» mais le réseau de stations de poursuite équipées de caméras semi-automatiques que possède le CNRC dans l'ouest du Canada (Programme d'observation et de récupération de météorites) l'avait également filmée. Deux des clichés obtenus renfermaient tous les renseignements dont on avait besoin pour calculer sa trajectoire et déterminer son point d'impact. Des chercheurs de l'Institut Herzberg d'astrophysique se sont donc rendus à Innisfree, petit village situé à 140 km à l'est d'Edmonton.

«Je l'ai immédiatement repérée», a expliqué Ian Halliday qui avait passé plus de quatre heures en motoneige à explorer la zone du point d'impact calculé. «Elle était là, sur la neige, à un quart de mille à peine du point de chute prévu.»

Le Dr Halliday a promptement envoyé son trophée au Battelle Memorial Institute, dans l'État de Washington, pour l'y faire analyser et, grâce aux compteurs de radiations dont dispose cet institut, il a été possible de mesurer la vitesse de désintégration des divers isotopes de l'échantillon.

Les analyses au cobalt 60 ont montré que l'objet pesait moins de 100 kg lors de son entrée dans l'atmosphère. D'autres analyses visant à mettre en évidence la présence d'aluminium 26, de plomb et d'autres éléments radioactifs, permettront de dater l'objet, de révéler l'histoire du rayonnement cosmique qu'il a subi et de déterminer l'époque de sa solidification au cours du développement de notre système solaire.

«Il était crucial de faire ces analyses aussitôt que possible car les isotopes de courte vie radioactive risquent de se décomposer et de disparaître en quelques semaines», a expliqué le Dr Halliday. «Maintenant, nous disposons de suffisamment de renseignements pour déterminer les conditions auxquelles la météorite a été soumise au cours de son odyssée cosmique.»

Les résultats obtenus, joints aux analyses géologiques effectuées par le Dr Robert Folinsbee à l'Université de l'Alberta, à Edmonton, promettent d'être particulièrement intéressants pour le Dr Halliday et ses collègues de l'Institut Herzberg. Par chance, la météorite récupérée à Innisfree provient d'une période d'activité solaire minimum. Normalement, les champs magnétiques produits par le Soleil à proximité des planètes internes de notre système arrêtent une grande partie des rayons cosmiques; cependant, au cours des périodes de Soleil calme, lorsque l'effet d'écran est à son minimum, on peut observer un accroissement du rayonnement cosmique à l'intérieur de la ceinture des astéroïdes. L'analyse des isotopes contenus dans un échantillon de la météorite devrait refléter ces phénomènes. Les deux autres météorites photographiées et récupérées en Tchécoslovaquie en 1959 et en Oklahoma en 1970 correspondaient à une activité solaire maximale. □

Texte français: **Annie Hlavats**

Battelle Memorial Institute

Dr. Ian Halliday (left) examines his find with Dr. Louis Rancitelli of the Battelle Memorial Institute. The 2 kg meteorite was recovered no more than a stone's throw from Innisfree, Alberta.

Le Dr Ian Halliday (à gauche) examine la météorite avec le Dr Louis Rancitelli, du Battelle Memorial Institute. La météorite de 2 kg a été retrouvée non loin d'Innisfree, en Alberta.

Home temperature timer — Thermostatic give-and-take

In most private homes, winter temperature levels are maintained in an erratic way. At many periods during day or night, more economical use could be made of the heating system while still providing adequate comfort levels. A new device invented by the Division of Physics' Heat and Thermometry Section holds just such promise for the energy-conscious consumer.

Imagine a computer installed in each home . . . in its memory a fuel-saving program set to regulate internal temperatures automatically over the course of a day, cooler at bedtime and warmer during evening hours according to the occupant's needs.

Useful but impossible?

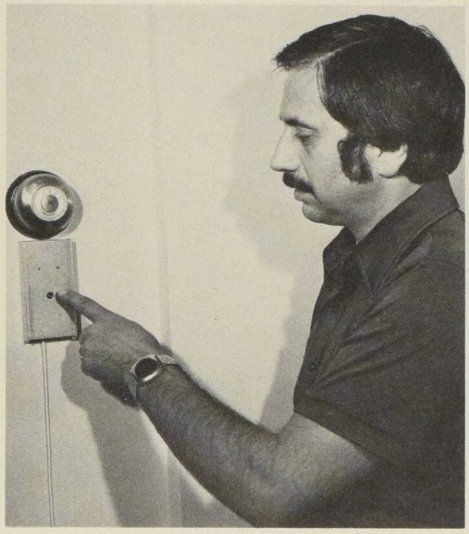
Enter Chris Kirby and Jerry Kathnelson with the next best thing. The two NRC physicists recently devised a compact solid state device that performs the same temperature control task as the imaginary computer. Their thermostat timer, no larger than a pocket calculator, is wall-mounted under a conventional thermostat, then programmed by the homeowner to raise and lower room temperature levels at predetermined times during a 24-hour cycle.

"The fact is, some clocks and time switches now available on the market do a similar job," explains Kathnelson, "but most of these are on/off electromechanical devices subject to wear, and with fairly crude time settings. We feel our unit offers greater accuracy and reliability by virtue of its solid state design. Also, it requires no electrical or mechanical connection to the thermostat or heating control system. Installation involves nothing more than mounting and plugging into a wall outlet."

The unit's secret? Deceptively simple. In giving a "cool down" command to a thermostat, the timer device generates a small amount of heat. In effect, the home thermostat is deceived by this local rise in temperature, and reacts as if the entire room had been heated to the same level. Accordingly, it signals the furnace to work less frequently.

"Programming the device is no more difficult than setting a digital wristwatch," adds Kathnelson.

In fact, it takes only the touch of a finger. Commands are given to the unit by simply activating a touch-sensitive switch at the appropriate time of day. Once a 24-hour cycle of instruction has been registered, it becomes locked in the timer's electronic memory. The daily sequence of thermostat deception then continues until the program is altered.



Mansell Acres, NRC/CNRC

Kathnelson displays the solid state timer. No larger than a pocket calculator, it is wall-mounted near a household thermostat then custom-programmed with a "turn up/turn down" daily temperature cycle. Once set, the program is unaffected even by power failures of up to two hours duration.

Kathnelson montre le programmateur à semiconducteurs, guère plus grand qu'un calculateur de poche, qui est appliqué au mur près du thermostat domestique; il peut être programmé à volonté de façon à augmenter ou à réduire la température au cours d'un cycle de 24 heures. Une fois enregistré, le programme est inaltérable et subsiste même lors de pannes d'électricité d'une durée de deux heures.

Mansell Acres, NRC/CNRC

Kirby indicates carbon resistors in the timer device which generate the small amount of heat used to deceive a room thermostat. The unit itself consumes very little power and is equally suitable for central air-conditioned homes in summer.

Kirby indique que les résistances au carbone du programmateur produisent une petite quantité de chaleur qui trompe le thermostat. Ce dispositif consomme lui-même très peu d'énergie et peut être également utilisé dans les systèmes de climatisation centrale.

An added feature is the possible breadth of temperature variation. Users may select temperature increments ranging from 2°F to 10°F (most room thermostats are still calibrated in °F.) The unit then performs its temperature-varying cycle in multiples of one or two of the chosen increment.

For example, a typical daily program based on a constant thermostat setting of 70°F and an increment of 5°F might look like this:

7 a.m. — Temperature raised from 60°F to 65°F (up by one increment)
5 p.m. — Raised to 70°F (up by one increment)
11 p.m. — Lowered to 60°F (down by two increments)

Since each degree of night setback saves roughly one per cent over an eight-hour period, this regimen should reduce annual fuel consumption by at least 10 per cent. To the homeowner, that spells "money".

For one timer model (projected cost $30) the programming itself must be performed in real time; that is, a user must register commands at the very hour of the day they are meant to be carried out in future cycles. A newer model currently in the design stage has a liquid crystal clock display and can be pre-programmed at any time. Both models feature an override capability which may be used to eliminate a command temporarily from a daily cycle.

"Interestingly enough," recalls Kirby, "the idea for the thermostat timer came to us about 10 years ago. Since then it's really been a case of solid state technology, miniaturization and so forth catching up with the idea and making it workable. Today, it's the kind of device that could easily be computer-assembled and tested during mass production."

The NRC physicists have filed patent applications for both the thermostat timer design and the unique touch-sensitive switch used in programming it. At present, licensing of the new invention is being handled by Canadian Patents and Development Limited (CPDL), a Crown Corporation founded by NRC, which in the future will be reporting to the Minister of Industry, Trade and Commerce. □

Wally Cherwinski

Le programmateur de la température
Une fausse alarme au thermostat

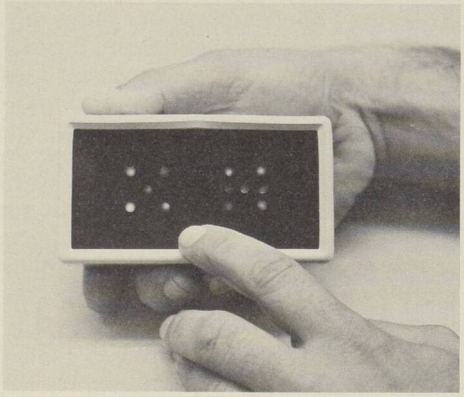
En hiver, dans la plupart des maisons, la température est maintenue d'une façon très irrégulière. Un grand nombre de fois, pendant le jour ou la nuit, il serait possible de faire usage du système de chauffage avec plus de discernement sans que notre confort n'en souffre pour autant. Le nouveau dispositif inventé à la section de chaleur et de thermométrie de la Division de physique permet ce même résultat à la satisfaction du consommateur prudent.

Supposons que toutes les maisons soient munies d'ordinateurs qui, à des fins d'économie, puissent régler automatiquement la température intérieure au cours de la journée, l'élevant dans la soirée et la baissant pendant la nuit, selon les besoins des occupants.

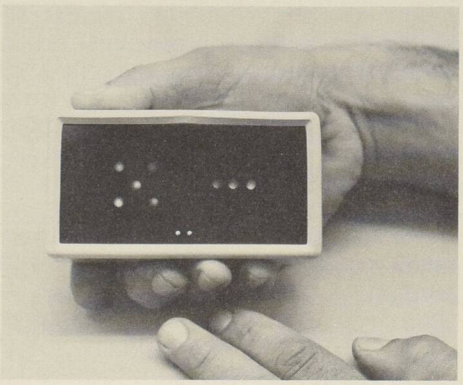
Eh bien, cette fantaisie n'est plus impossible! Grâce à Chris Kirby et Jerry Kathnelson, ce même effet peut être obtenu. Ces deux physiciens ont mis au point un dispositif peu encombrant, à semiconducteurs, qui permet de contrôler la température aussi bien que l'ordinateur imaginaire. Leur programmateur de thermostat, qui n'est guère plus grand qu'un calculateur de poche, est appliqué au mur sous le thermostat conventionnel puis programmé par l'utilisateur de façon à élever ou baisser la température ambiante à des moments précis au cours d'un cycle de 24 heures.

«En fait, certaines horloges et interrupteurs horaires que l'on trouve actuellement sur le marché s'appuient sur le même principe», explique Kathnelson, «cependant, la plupart de ces dispositifs qui, entre autres manquent d'exactitude, utilisent des systèmes électromécaniques de mise en marche et d'arrêt susceptibles de s'user facilement. Notre modèle offre une précision et une fiabilité supérieures grâce à ses éléments constitutifs à semiconducteurs. Par ailleurs, il ne demande aucun contact électrique ou mécanique avec le thermostat ou avec le système de contrôle du chauffage. Pour l'installer, il suffit de le fixer au mur et de le brancher à une prise de courant.»

Son mécanisme? Il est simple comme bonjour! Lorsqu'on demande au thermostat de baisser la température, le programmateur dégage une petite quantité de chaleur que le thermostat perçoit comme une augmentation de la température ambiante et, ainsi trompé par cette fausse alarme, il envoie l'ordre à la chaudière de réduire son débit.



Mansell Acres, NRC/CNRC



Mansell Acres, NRC/CNRC

En appuyant sur un bouton on peut déterminer la combinaison des dés électroniques conçus par Kathnelson et Kirby pendant leurs heures de loisirs.

Release of a touch-sensitive switch determines the roll of electronic dice, devised by hobbyists Kathnelson and Kirby in their spare time.

«Il n'est pas plus difficile de programmer ce dispositif que de régler une montre à affichage numérique», ajoute Kathnelson.

En fait, cette opération peut se faire à l'aide d'un seul doigt. Pour envoyer des ordres au système, il suffit d'appuyer sur un interrupteur sensible au toucher à un moment précis de la journée. Une fois les données relatives au cycle de 24 heures enregistrées, elles s'inscrivent dans la mémoire électronique du programmateur. La séquence quotidienne d'imposture se répète jusqu'à ce que le programme soit changé.

À ces caractéristiques s'ajoute la possibilité d'obtenir une vaste gamme de variations de température. L'utilisateur peut choisir des variations de température allant de 2°F à 10°F (la plupart des thermostats domestiques sont encore gradués en degrés F). Le dispositif effectue son cycle de variations de température qui peuvent se faire en une ou deux étapes.

Voici, par exemple, un programme typique de 24 heures qui s'appuie sur une température constante du thermostat de 70°F et sur des variations de 5°F:

7 h — La température s'élève de 60°F à 65°F (en une étape).

17 h — La température s'élève à 70°F (en une étape).

23 h — La température descend à 60°F (en deux étapes successives).

Étant donné qu'en réduisant la température de 1°F pendant une période de 8 heures on peut réaliser une économie de 1% sur la consommation d'énergie, en adoptant ce système, on pourrait réduire la consommation annuelle en combustible d'au moins 10%, et ceci représente une économie importante pour le propriétaire de la maison.

L'un des modèles (dont le coût prévu est de 30 dollars) doit être programmé aux moments précis où l'utilisateur désire que les variations de température se produisent. On travaille actuellement à la mise au point d'un nouveau modèle à affichage à cristaux liquides qui pourra être programmé à l'avance et à n'importe quelle heure. Les deux modèles sont cependant munis d'un dispositif de suppression qui annule temporairement certains ordres du cycle de 24 heures.

«Chose curieuse», ajoute Kirby, «cette idée de mettre au point un programmateur de thermostat nous est venue à l'esprit il y a environ dix ans et, depuis lors, il a toujours été question de semiconducteurs, de miniaturisation et autres, mais il a fallu attendre que ces caractéristiques soient réalisables. Aujourd'hui, ce programmateur pourrait être facilement assemblé et testé par ordinateur et faire l'objet d'une production en série.»

Ces physiciens du CNRC ont soumis une demande de licence pour le programmateur de thermostat et l'interrupteur spécial, sensible au toucher, qui sert à le programmer. Pour le moment, c'est la Société canadienne des brevets et d'exploitation limitée (SCBE) qui s'occupe des licences relatives à la nouvelle invention. Cette société est une compagnie de la Couronne fondée par le CNRC et qui passera prochainement sous la responsabilité du ministre de l'Industrie et du Commerce. □

Texte français: **Annie Hlavats**

Episodic waves — Freak threat of the seas

In certain areas of the world, natural sea conditions sometimes combine to create gigantic, devastating walls of water — episodic waves. At NRC's Hydraulics Laboratory, experimental and theoretical studies of this little-known phenomenon are under way.

A strange curse seems to hang over certain areas of the world. Off the coast of South Africa, at the Cape of Good Hope — one of the busiest shipping lanes of the world — giant tankers laden with Persian Gulf crude oil sometimes face isolated waves of gigantic proportions; on occasion, they have reached an incredible 34 m (100 feet) in height. Sometimes the huge waves bypass the ship and the astonished crew lives to tell about it; at other times, however, they do not, and in the offices of Lloyds of London, the Lutine bell is rung, signalling another tragedy at sea.

Such freak or "episodic" waves are known to occur at several locations where the continental shelf drops off to the ocean floor, including the Grand Banks of Newfoundland and Cape Horn on the southern tip of South America; they might also be partly responsible for the infamous reputation of the so-called Bermuda Triangle. Indeed, in March 1977, the TASS news agency announced a cooperative research program between the Soviet Union and the USA to study the peculiar interaction of the sea and the atmosphere in the Bermuda Triangle.

In Canada, the Hydraulics Laboratory of NRC's Division of Mechanical Engineering has become actively involved in a study of episodic waves, both from a theoretical and a practical point of view. Joe Ploeg, head of the Hydraulics Laboratory, explains: "We first became interested in episodic waves a year ago, during an investigation of breakwaters. These massive structures of concrete or stone are used to protect harbors from the destructive action of ocean waves. Our aim was to explain why some breakwaters that had been properly designed and built still failed, often in situations where wave heights were reported to be less than the maximum they were designed to handle. It was at this point that we started to examine more precisely the actual wave conditions to which they were exposed.

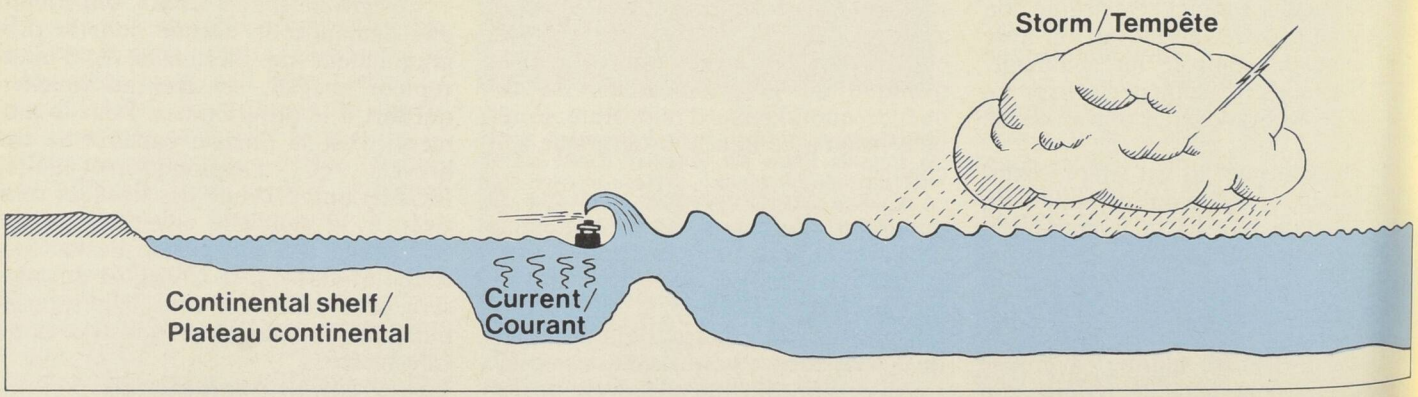
"Back in the 1950's and the early 1960's, laboratories devoted to the study of wave effects on harbors and breakwaters tested models of proposed structures by using regular sinusoidal waves to represent ocean waves. These waves were the only kind that could be produced with the wave machines available at the time. Later, however, the technical knowledge became available for the generation of what we call a random wave spectrum, that is, an irregular mixture of many different wave frequencies and amplitudes. In acoustic terms, this is similar to what one hears at a large cocktail party, where the many voices of the guests blend into an indistinct background noise. Most sea study laboratories began buying wave machines capable of generating these "random seas", the assumption being that ocean waves are normally random. On deep sea surfaces, blowing winds (the chief cause of waves) tend to generate random wave patterns. Over considerable distances, however, a certain amount of filtering takes place, with some frequencies disappearing and others being re-inforced. Further, another filtering effect takes place that has not previously been considered — that due to the shape of the sea floor."

The implications of sea bottom effects turned out to be intriguing. Old mariners used to say that at seashores, depending on the local tradition (in fact, on the local bathymetric conditions), the seventh, ninth or eleventh wave was the biggest. Indeed, the NRC researchers have discovered that there is some truth to the lore of these old mariners. They are now finding out that in deep water where bottom effects are negligible, waves are mostly random; but as soon as they approach the shore, the combined effect of countercurrents, bottom effects and the wave breaking process causes a certain amount of wave grouping to take place. Waves become sorted by frequency, and in some cases those of different frequencies can catch up with one another, adding up to form a much bigger wave (as one would expect) but one so exceeding the critical steepness for breaking as to be much more dangerous and devastating than would be expected from simple addition of component heights.

This phenomenon was displayed in a spectacular manner in a film produced by scientists from the Hydraulics Laboratory and shown at a recent sea engineering conference. "To make

Episodic waves are a little-known threat of the seas. Under certain conditions, sea waves, currents and the sea bottom profile can interact to create gigantic, devastating waves that can sink large ships. In Canada, the Hydraulics Laboratory of NRC's Division of Mechanical Engineering, is studying this phenomenon, both from a theoretical and an experimental point of view.

Les «supervagues» sont un danger à la navigation de nature encore mal connue. Dans certaines conditions, les vagues, les courants marins et le relief sous-marin peuvent contribuer à la formation de vagues gigantesques capables de couler de grands navires. Au Canada, le Laboratoire d'hydraulique de la Division de génie mécanique du CNRC se penche sur ce phénomène tant au point de vue théorique qu'expérimental.



John Brittain

Les supervagues

Une étrange menace sur les mers

Dans certaines régions du monde, les phénomènes marins naturels produisent quelquefois des supervagues gigantesques et dévastatrices. Les chercheurs du Laboratoire d'hydraulique du CNRC se livrent actuellement à des travaux théoriques et expérimentaux en vue d'élucider ce phénomène naturel mal connu.

Une étrange menace plane sur certaines régions du monde. Au large des côtes sud-africaines, près du cap de Bonne Espérance, dans l'une des zones de navigation les plus actives du monde, les superpétroliers chargés de brut du Golfe Persique font quelquefois face à des vagues gigantesques pouvant atteindre 34 m (110 pieds) de hauteur. Il peut arriver que ces «supervagues» passent loin d'un navire et que son équipage terrifié puisse témoigner du phénomène; sinon, le navire disparaît corps et biens et dans les bureaux de la Lloyds de Londres, on sonne la Lutine pour annoncer une nouvelle tragédie maritime.

On peut observer de telles supervagues à plusieurs endroits du globe, généralement en bordure du plateau continental, cette zone peu profonde des eaux côtières au large des continents: on les a observées près des Grands Bancs de Terre-Neuve et au large du cap Horn, à la pointe sud de l'Amérique du sud; elles pourraient également être responsables en partie de la triste renommée du célèbre «Triangle des Bermudes». À ce propos, rappelons qu'en mars 1977, l'agence de presse Tass a annoncé le lancement d'un programme de recherche conjoint avec les États-Unis, en vue d'étudier les conditions atmosphériques et marines particulières qui prévalent dans cette région.

Au Canada, le Laboratoire d'hydraulique de la Division de génie mécanique du CNRC, dirigé par M. Joe Ploeg, a entrepris une étude théorique et expérimentale des supervagues. «Nous avons commencé à nous intéresser aux supervagues il y a un an», précise M. Ploeg, «dans le cadre d'une étude des brise-lames, ces structures massives de pierre ou de béton qui protègent les ports de l'action destructive des vagues océanes. Nous voulions savoir pourquoi certains brise-lames qui avaient pourtant été construits suivant les règles de l'art, subissaient des dommages même dans des situations où la hauteur des vagues semblait inférieure au maximum qu'ils étaient théoriquement capables de supporter. Nous avons donc entrepris une étude détaillée du type de vagues auxquelles ils étaient exposés.

«Dans les années cinquante et au début des années soixante, on évaluait l'effet des vagues sur les ports et les brise-lames en exposant des maquettes des installations portuaires projetées à des vagues simulées, de forme sinusoïdale. Ces vagues sinusoïdales étaient les seules que l'on savait produire à l'époque, avec les moyens disponibles. Un peu plus tard, les progrès de la technique rendirent possible la génération de vagues de spectre énergétique aléatoire, c'est-à-dire formées d'un mélange désordonné de vagues de fréquences et d'amplitudes très diverses. Pour employer une analogie avec l'acoustique, c'était une situation semblable à une grande réception mondaine, où la voix des nombreux invités produit un brouhaha confus. Beaucoup de laboratoires s'équipèrent alors de générateurs de «vagues aléatoires», les chercheurs postulant que les vagues océanes étaient normalement aléatoires. Ils n'avaient pas complètement tort car en eaux profondes, les vents — principale cause des vagues — ont bien tendance à créer des vagues au hasard. En se propageant sur de grandes distances, les vagues sont toutefois soumises à un 'filtrage' de sorte que certaines fréquences disparaissent et d'autres sont favorisées. Un autre facteur de filtrage est demeuré ignoré jusqu'à une époque récente: le relief du lit de la mer.»

Ce dernier facteur a son importance, semble-t-il. Les marins d'antan avaient coutume de dire qu'au bord de la mer, une vague sur sept (une sur neuf ou sur onze, selon la tradition locale et surtout selon les conditions bathymétriques) était plus grosse que les autres. De fait, les chercheurs du CNRC ont découvert que cet adage recèle un fond de vérité. Les vagues sont bien aléatoires là où le lit de la mer a une influence négligeable sur elles; toutefois, dès qu'elles s'approchent du littoral, l'effet combiné des remous, du lit de la mer et du déferlement force les vagues à se regrouper. Les vagues sont «assorties» par fréquences et dans certains cas, celles de fréquences différentes peuvent se rattraper et s'empiler les unes sur les autres pour former une vague non seulement plus grande mais si abrupte qu'elle dépasse de beaucoup le niveau critique de déferlement et devient bien plus dangereuse et destructive que ce que l'on pourrait prévoir en additionnant les amplitudes de ses composantes.

Les scientifiques du Laboratoire d'hydraulique ont donné une spectaculaire démonstration de ce phénomène dans un film présenté récemment à une conférence de génie maritime. «En vue du tournage de ce film», d'expliquer M. Ploeg, «nous avons construit dans un bassin d'essais une maquette à l'échelle d'un brise-lames conventionnel et nous l'avons exposée à une tempête de l'Atlantique (simulée à l'échelle, bien sûr) comme on en observe souvent en Nouvelle-Écosse ou au Nouveau-

John Brittain

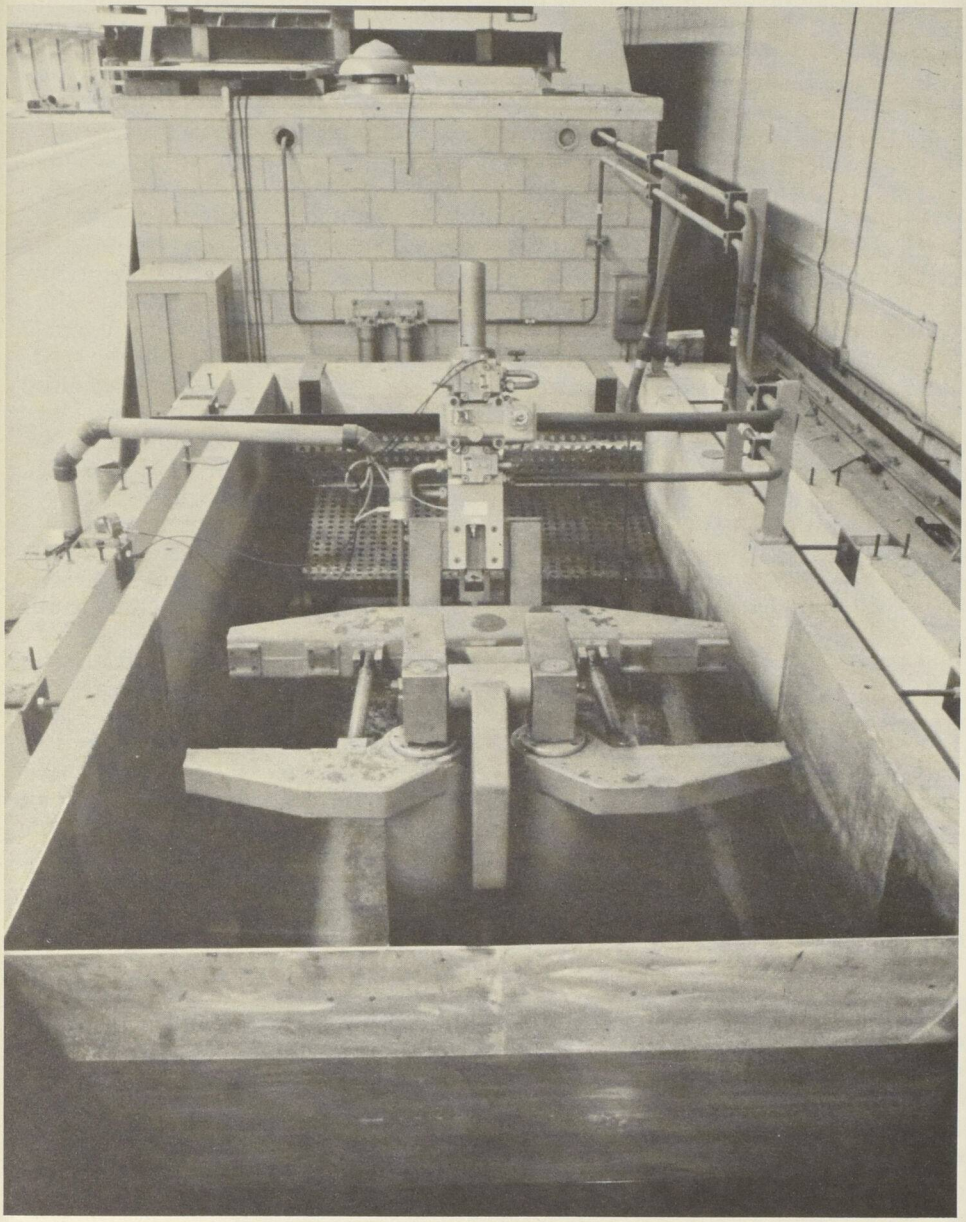
the film," says Mr. Ploeg, "we built a scale model of a standard breakwater in one of our wave flumes and subjected it to a typical Atlantic coast storm (simulated, of course) hitting Nova Scotia or New Brunswick, with wave heights of the order of 8.1 m (25 feet high), with an average 11-second time interval between crests and with a maximum wave height of 11 m (34 feet). At first, we generated a random sea state with irregular wave phasing. The breakwater withstood the storm very nicely and experienced no damage. Then we rebuilt it to the exact same specifications to remove any effect from the first storm, and produced a simulated storm with the same average wave height, the same period and the same statistical distribution of wave heights and again the maximum wave height was about 34 feet. The energy spectrum of the waves, if you did not look at the actual time sequence, was the same. The only thing that we changed was the phasing. This meant that we now deliberately sorted out the frequencies by forcing our wave machine to generate first short waves, then somewhat longer waves timed to overtake the short waves at the point where the breakwater stood. When they hit the structure, the waves were all on top of one another, resulting in spectacular breakers because of the critical steepness. The very same storm thus damaged the breakwater severely. The movie vididly demonstrated that if you are designing shore structures in a location where there are wave groups and you run tests only with random waves, without taking account of the grouping effects, the results mean little in terms of real life situations."

It is not easy to simulate these episodic waves because each location where they occur is different. The sea bottom profile, the presence of offshore islands, the tides, the winds and countercurrents — all interact in a complicated manner to regroup the waves and sometimes produce large, devastating episodic waves.

The best way to test a specific marine location is to take a true deep water wave spectrum and modify it in terms of the particuliar conditions involved. The mathematics is difficult, however, involving complicated nonlinear equations that require sophisticated computer programs for their solution. Scientists at the Hydraulics Laboratory have written a simple computer program named SPLASH that controls their wave machine, causing it to generate waves in the proper time sequence in a given simulation. Two test tanks are now used to investigate wave groups and their effects. In one, models of marine structures are exposed to the effect of wave groups, and in the other, more fundamental studies on the generation and properties of wave groups are performed with the assistance of a computer system that stores and processes data recorded by a series of wave probes.

Concludes Joe Ploeg: "Our present research has two objectives: first, we want to design coastal structures that can withstand real life situations, and in particular we are interested in examining existing construction methods of breakwaters to evaluate the effect of wave groups on them. We also want to look at wave groups on a more fundamental level so that we can predict from mathematical models what sort of wave groupings can be expected at specific locations. With the growing number of offshore oil platforms, the proposed construction of nuclear power stations off the coast of New England and the increasing use of supertankers in oil transport, it becomes vitally important to understand how episodic waves of disastrous proportions are generated and where we can expect them to occur. Hopefully, we will eventually be able to predict when they will hit." □

Michel Brochu



Hydraulics Laboratory, NRC/Laboratoire d'hydraulique, CNRC

Episodic waves can be simulated in the laboratory. The Hydraulics Laboratory has built a large wave flume where a computer-controlled wave machine can faithfully recreate wave conditions observed at specific seashore locations.

On peut simuler en laboratoire la formation des supervagues. À cet effet, les chercheurs du Laboratoire d'hydraulique ont construit un grand bassin d'essais où une machine spéciale commandée par ordinateur peut générer à volonté le type de vagues qu'on observe à des endroits spécifiques au bord de la mer.

Brunswick. Les vagues de la tempête atteignaient une hauteur moyenne de 8,1 m (25 pieds), avaient une période de 11 secondes et une hauteur maximum de 11 m (34 pieds). Nous avons commencé par générer des vagues aléatoires et le brise-lames n'a subi aucun dommage. Nous avons alors reconstruit une copie identique de la maquette du brise-lames (pour compenser les effets possibles de la première tempête) et nous l'avons exposée à une 'tempête en laboratoire' pratiquement identique, produisant des vagues dont le spectre énergétique, exception faite du facteur temps, était identique. Nous n'avons modifié que la phase, en commandant à notre générateur de vagues de fabriquer d'abord des vagues de courte longueur d'onde suivies de vagues plus longues synchronisées de façon à rattraper les vagues de courte longueur d'onde à l'emplacement du brise-lames. Les vagues se sont alors 'empilées' les unes sur les autres et elles ont déferlé de façon spectaculaire sur le brise-lames, l'endommageant gravement. Notre film a démontré de façon concluante que pour étudier une structure marine prévue pour un site où les vagues peuvent se regrouper, il ne suffit pas de faire des essais avec des vagues aléatoires; il faut tenir compte du regroupement des vagues pour obtenir des données utiles.»

Il n'est pas facile de simuler ces supervagues car chaque endroit où on les retrouve a ses particularités. Le relief du lit de la mer, les îles au large des côtes, les marées, les vents et les remous s'associent de manière complexe pour regrouper les vagues et produire quelquefois des vagues gigantesques et très destructives.

La meilleure façon de représenter mathématiquement les vagues d'un site côtier est de prendre le spectre des vagues qu'on retrouve en eaux profondes et de le modifier pour tenir compte des caractéristiques particulières du site considéré. C'est toutefois un problème mathématiquement très complexe, requérant la solution d'équations non linéaires compliquées. On ne peut le traiter qu'au moyen de programmes d'ordinateur raffinés.

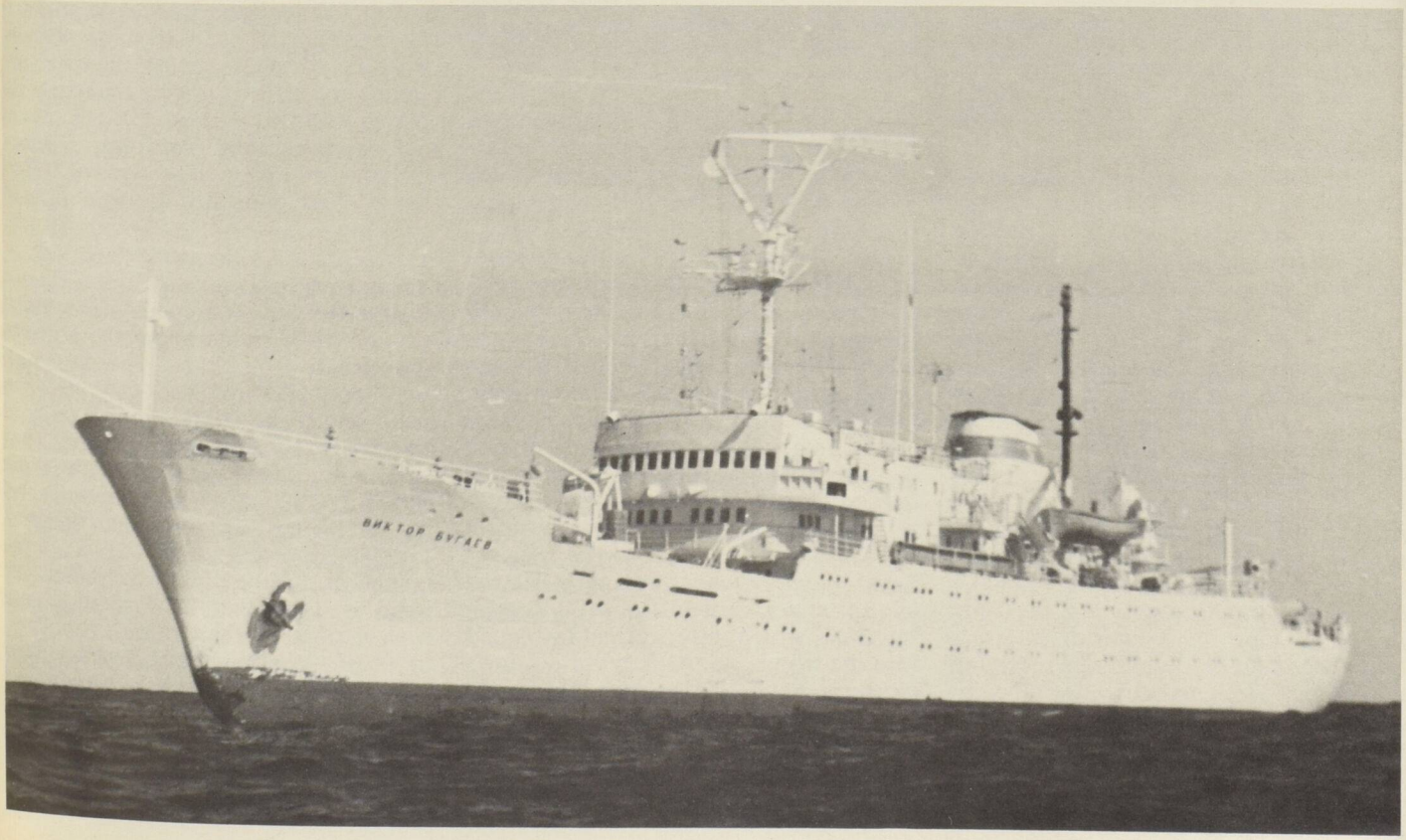
Les chercheurs du Laboratoire d'hydraulique ont donc préparé un programme simple appelé SPLASH (clapotis), afin de piloter leur générateur de vagues et de lui faire fabriquer des vagues dont la succession dépend des caractéristiques du site considéré. Le laboratoire possède deux bassins d'essais servant l'un à étudier l'effet des groupes de vagues sur les structures marines, et l'autre à des analyses plus fondamentales des mécanismes de création et des caractéristiques des groupes de vagues. Ces travaux sont facilités par l'emploi d'un ordinateur qui stocke et traite les données recueillies par un ensemble de capteurs.

Laissons la conclusion à M. Ploeg: «Nos travaux actuels ont deux objectifs: nous voulons d'abord concevoir des structures marines qui soient capables de bien fonctionner dans des conditions de service réalistes, et en particulier, nous passons en revue les techniques actuelles de construction des brise-lames pour déterminer l'effet des groupes de vagues sur ceux-ci. Nous voulons en outre procéder à une étude en profondeur des groupes de vagues, afin d'être à même de prévoir leur incidence à un endroit donné. Compte tenu du nombre croissant de plates-formes de forage pétrolier en mer, de la construction éventuelle de centrales nucléaires au large des côtes de la Nouvelle-Angleterre et du nombre croissant de superpétroliers, il est essentiel de comprendre comment et où les supervagues peuvent se produire. Nous espérons pouvoir dire éventuellement à quel moment elles présentent une menace.» □

Michel Brochu

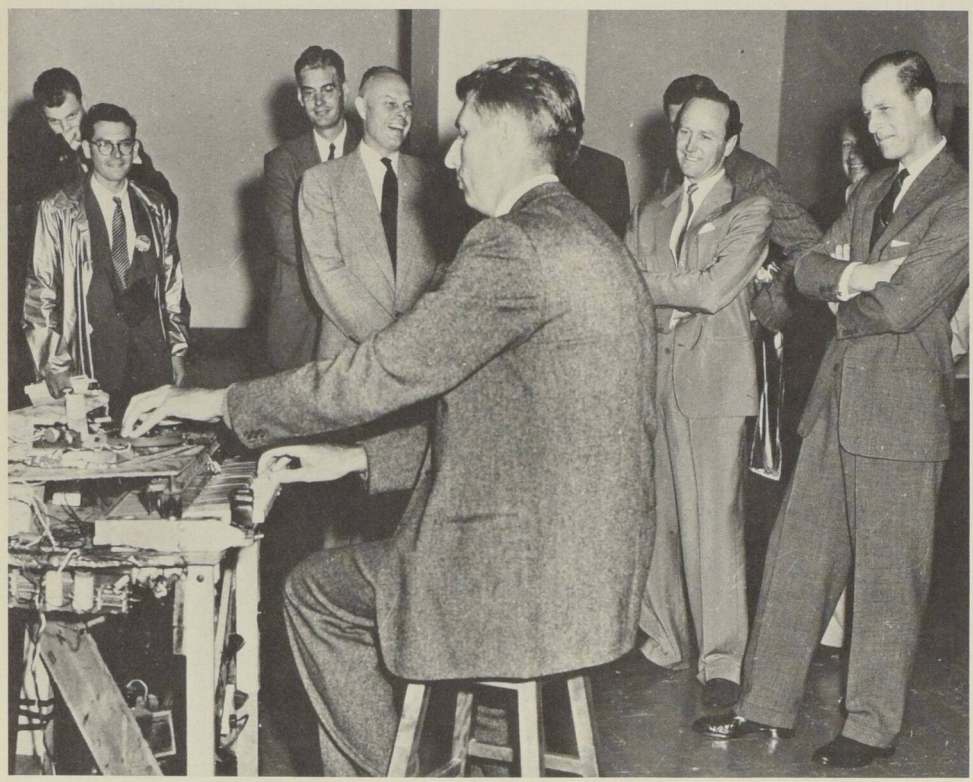
As part of a large oceanographic research project called Polymode, Soviet and American scientists are cooperating in a study of the Sargasso Sea and the Bermuda Triangle area. The Victor Bugaev is one of the Soviet ships participating in the Polymode studies.

Dans le cadre d'un vaste projet de recherche océanographique baptisé Polymode, des chercheurs soviétiques et américains collaborent à une étude de la mer des Sargasses et du Triangle des Bermudes. Le Victor Bugaev est l'un des navires employés par les membres soviétiques de l'expédition.



TASS News Agency/Agence de presse TASS

Hugh LeCaine, B.Sc., M.Sc., Ph.D. (1914-1977) — Portrait of a scientist/musician



Electrical Engineering Division/Division de génie électrique

"He is remembered as a man with a vision" — István Anhalt, Head, Department of Music, Queen's University.

Dr. Hugh LeCaine combines electronic theory with a "command performance" for His Royal Highness the Duke of Edinburgh on his visit to NRC in 1954.

Le Dr Hugh LeCaine présente la théorie sur la musique électronique lors d'une représentation de commande tenue en l'honneur de Son Altesse Royale le duc d'Édimbourg à l'occasion de sa visite au CNRC en 1954.

Father of electronic music in Canada; scientist, composer, inventor, painter; add to this teacher, lecturer, consultant, photographer, horticulturist and, last but not least, humanist — and a portrait of the late shy and private Hugh LeCaine emerges.

"He epitomized what research is all about," says Horace Aubrey of the National Research Council's Division of Electrical Engineering, where Dr. LeCaine spent his entire working life. Joining the Council in 1940, just when radar work for the war effort was getting under way, he started work on the first of his many inventions. "With the use of tin cans and a couple of potentiometers — the most hairy-looking thing you ever saw," says Aubrey, "LeCaine designed the first automatic pattern recorder, an instrument used to measure the directions in which an antenna propagates a radio signal." For years, the Council had the only one of its kind in the world. At war's end, Canadian National used receiving equipment designed by LeCaine to plan radio links across the country. In the field of nuclear physics, he collaborated in building the forerunner of what is today the Van de Graaff nuclear accelerator used to generate a stream of high-speed sub-atomic particles. Such accelerators are used in the fields of medicine, chemistry and atomic energy as "super" microscopes or probes.

Vascillating between music and physics, the former became the all-consuming interest of his life. With the invention of the electronic Sackbut in 1945, Hugh LeCaine opened the era of electronic music (the more widely-accepted advent of this music occurred three years later when the French engineer/composer Pierre Schaeffer recorded street sounds in Paris, combining them in various ways to form his "musique concrète"). The original Sackbut was the earliest form of the slide trumpet derived from the Roman buccina, which afterwards developed into the trombone. Although LeCaine's work on the instrument began at home, NRC entered the picture in 1954, supporting it as a form of communication between scientists and artists. "My primary concern," Hugh once said, "was making an electronic instrument that was musically expressive." The problem, he felt, lay in the cold, mechanical sounds of available electronic instruments. LeCaine's answer was the construction of an extremely sensitive instrument which, unlike other keyboard instruments, could slur and slide from note to note, producing continuously variable sounds with an additional capacity for making constant tone, color and pitch adjustments. Musicians who have played it maintain that its best feature is the way a note can be made louder by pressing a key harder or made to waiver with a sideward movement of the finger; and it is adaptable to every kind of music. The Sackbut has been featured at Canadian and international exhibitions and used for the musical scores of several films.

"Each new invention sparked ideas for more," explains another colleague, Dave Rocheleau. "There really was no end to the number of areas Hugh wanted to explore." Once, as his team completed preparation of the Sackbut for showing at an exhibition in Toronto, they were suddenly told the Sackbut wouldn't be going. Why? Because another LeCaine idea had come to fruition much sooner than expected — the multitrack tape recorder — which would eventually be shown instead. The recorder is a device primarily for replaying and retaping sounds. With it, 16 tapes can be played at the same time, and by mixing them or combining together certain sections, musical compositions can be created. "There are other tape devices," says Dave, "but none has the flexibility of this one."

"Hugh and I discussed the kinds of heads to be used in tape drives," continues Horace Aubrey. "At that time, no one knew much about these drives and unlike other tape recorders with one head, the multitrack had six! The head had to be strong enough to hold the tapes as they went through, but not of sufficient load to slow them down. For months, I worked on it and at last came up with something I thought was absolutely superb. I attached it to the multitrack, and left for the day. Well, you should have seen it next morning; Hugh had been in during the night (he preferred to work during these quiet hours) and taken a hacksaw to it! I was almost in tears — and then I saw the note: 'as soon as I looked at it, I realized you could improve it Horace, if you did this, and this, and this!' "Most

Hugh LeCaine, B.Sc., M.Sc., Ph.D. (1914-1977)
Portrait d'un scientifique/musicien

«C'était un homme inspiré», nous dit István Anhalt, directeur du Département de musique de l'Université Queen's.

Créateur de la musique électronique au Canada, scientifique, compositeur, inventeur, peintre, pédagogue, conférencier, conseiller, photographe, horticulteur et humaniste — comment pourrait-on mieux décrire cet homme discret et réservé qu'était le regretté Hugh LeCaine?

«Il présentait toutes les qualités que la recherche demande», nous dit Horace Aubrey de la Division de génie électrique du Conseil national de recherches où le Dr LeCaine fit toute sa carrière. Il entra au Conseil en 1940 juste au moment où l'on s'apprêtait à entreprendre des travaux sur le radar dans le cadre des efforts de la guerre, et il commença à travailler sur la première de ses nombreuses inventions. «À l'aide de boîtes de conserves et de quelques potentiomètres, LeCaine fabriqua l'instrument le plus singulier que vous n'avez jamais vu», ajoute Aubrey. «C'était le premier enregistreur automatique de diagrammes destiné à déterminer les directions de la propagation des signaux radioélectriques émis par une antenne.» Pendant des années, le Conseil fut le seul organisme au monde à posséder un de ces instruments. À la fin de la guerre, lorsque le Canadien national fit installer des liaisons radioélectriques dans tout le pays, ce sont des récepteurs conçus par LeCaine qui furent utilisés. LeCaine apporta également sa contribution au domaine de la physique nucléaire en fabriquant le précurseur de ce qui est aujourd'hui l'accélérateur Van de Graaff utilisé pour la production de faisceaux de particules infra-atomiques de haute vitesse. Ces accélérateurs sont employés en médecine, en chimie et en énergie atomique comme des «supermicroscopes» ou des sondes.

Hésitant entre la musique et la physique, il finit par succomber au charme de la première pour laquelle il manifestait un intérêt très profond. Avec l'invention de la saqueboute électronique, en 1945, Hugh LeCaine ouvrait l'ère de la musique électronique (trois ans plus tard, l'ingénieur-compositeur français Pierre Schaeffer enregistrait des bruits des rues de Paris, les combinant de différentes façons pour obtenir la «musique concrète», qui a été l'objet d'une grande publicité). La saqueboute originale était un modèle simplifié de la trompette à coulisse basée sur la trompette romaine ou buccin, et qui devait plus tard donner naissance au trombone. Bien que LeCaine commença ses travaux sur la mise au point de cet instrument à la maison, le CNRC entra en scène en 1954, apportant son appui à ce projet qu'il considérait comme un moyen de communication entre les scientifiques et les artistes. «Ce que je voulais avant tout», Hugh avait dit un jour, «c'était construire un instrument électronique musicalement expressif». Comme les sons froids et mécaniques que produisaient les instruments électroniques disponibles lui déplaisaient, il essaya de modifier cet effet en construisant un instrument extrêmement sensible qui, contrairement aux autres instruments à clavier, pouvait glisser d'une note à l'autre, produire continûment des sons variables et régler constamment le ton et le timbre. Cet instrument est la saqueboute; les musiciens qui en ont joué le trouvent particulièrement intéressant car il permet de produire une note plus forte en appuyant plus ou moins sur la clef ou d'en tirer un vibrato par un glissement latéral du doigt; il permet également de jouer toute sorte de musique. La saqueboute a été présentée à des expositions canadiennes et internationales et a été utilisée pour les arrangements musicaux de plusieurs films.

National Film Board/Office national du film

Lors de sa visite officielle au Canada, en 1956, le Président Sukarno d'Indonésie écoute le Dr LeCaine jouer quelques-unes de ses compositions.

President Sukarno of Indonesia, on a state visit to Canada in 1956, listens to Dr. LeCaine play some of his own compositions.

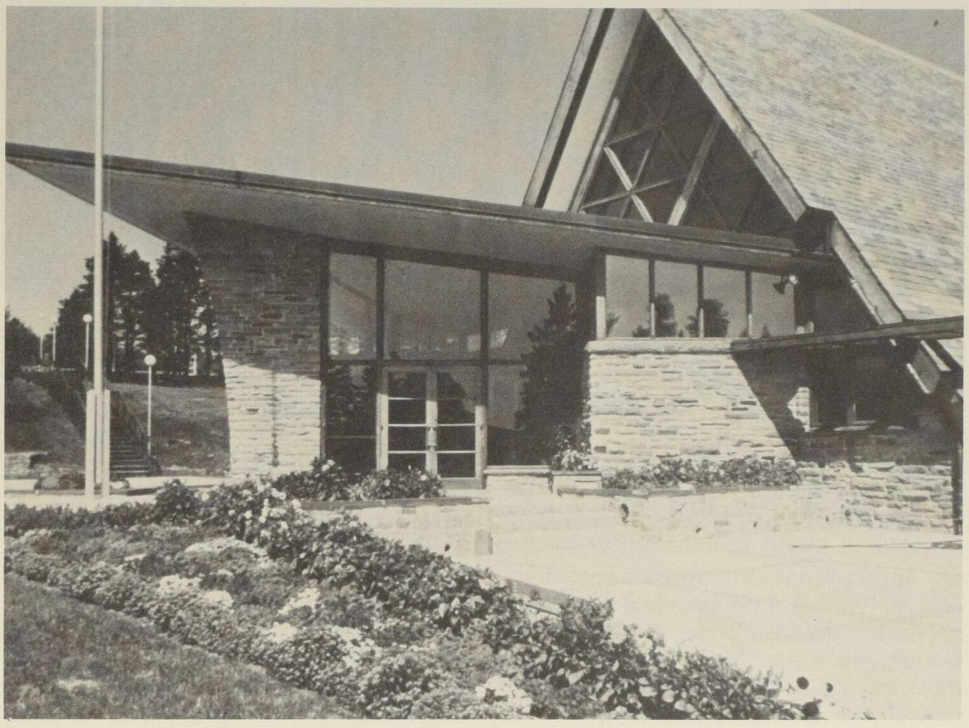
«Chaque nouvelle invention donnait naissance à de nouvelles idées», explique Dave Rocheleau, un autre de ses collègues. «Il n'y avait vraiment pas de fin au nombre de domaines que Hugh voulait explorer.» Une fois, alors que tous les préparatifs avaient été faits pour présenter la saqueboute à une exposition à Toronto, son équipe fut soudainement informée que cet instrument ne serait pas montré, et ceci parce qu'une autre idée de LeCaine avait donné des fruits bien avant que prévu: en effet il venait de mettre au point un magnétophone multipiste qui allait prendre la place de la saqueboute à l'exposition. Cet appareil est notamment destiné à reproduire des sons et à les réenregistrer. Il permet d'écouter 16 bandes à la fois, et si on en mélange le contenu ou on en combine certaines sections, on peut obtenir une variété de compositions musicales. «Il existe d'autres dispositifs à bande», indique Dave, «mais aucun d'entre eux n'a la polyvalence de celui-ci».

«Hugh et moi-même, nous nous étions interrogés sur la sorte de tête

Anyone who visited the Man and Music Exhibit at Expo 67 and had a chance to "compose" electronic music by pushing various buttons controlling notes, timbre and pitch, operated a simplified version of another LeCaine invention — the Serial Sound Structure Generator. Simply by switching dials, a composer can produce all possible combinations of the chosen qualities; he can listen to the still unwritten music score and test the electronic notes for duration, intensity, tone-color, attack and decay.

Ceux qui ont visité l'exhibition sur «l'Homme et la Musique» à l'Expo 67 ont eu l'occasion de «composer» de la musique électronique en appuyant sur des boutons qui contrôlent les notes, le timbre et le ton d'une génératrice de structure en série, version simplifiée du modèle inventé par LeCaine. Par une simple manipulation des contrôles, le compositeur peut produire toutes combinaisons possibles des thèmes choisis; il peut écouter sa musique avant qu'elle ne soit écrite et étudier la durée, l'intensité, le ton, l'attaque et l'extinction des notes électroniques.

Electrical Engineering Division/Division de génie électrique



Alexander Graham Bell Museum/Musée Alexander Graham Bell

When the Alexander Graham Bell Museum in Baddeck, Nova Scotia, began a worldwide search for transcription of old wax cylinders (in the hope they would carry the voice of the famous inventor) large companies with years of expertise were reluctant to handle them in case they should break or decompose. Finally, the Museum approached the Council. "I have just the man," said the President. Hugh LeCaine did it! But, unfortunately, Bell's voice was not on them.

Lorsque le musée Alexander Graham Bell à Baddeck, en Nouvelle-Écosse, voulut faire transcrire de vieux cylindres en cire, espérant y trouver la voix du célèbre inventeur, il chercha dans le monde entier une personne capable de réaliser ce travail, mais même les compagnies les plus importantes et les plus expérimentées hésitaient à entreprendre cette opération de peur que la cire ne se brise ou qu'elle ne se décompose. Finalement, le musée s'adressa au Conseil et le Président répondit qu'il avait exactement l'homme qu'il fallait: Hugh LeCaine qui, en effet, effectua cette tâche, mais malheureusement la voix de Bell ne figurait pas parmi les enregistrements.

people would have been frustrated," concludes Aubrey, "but we appreciated the genius of the man."

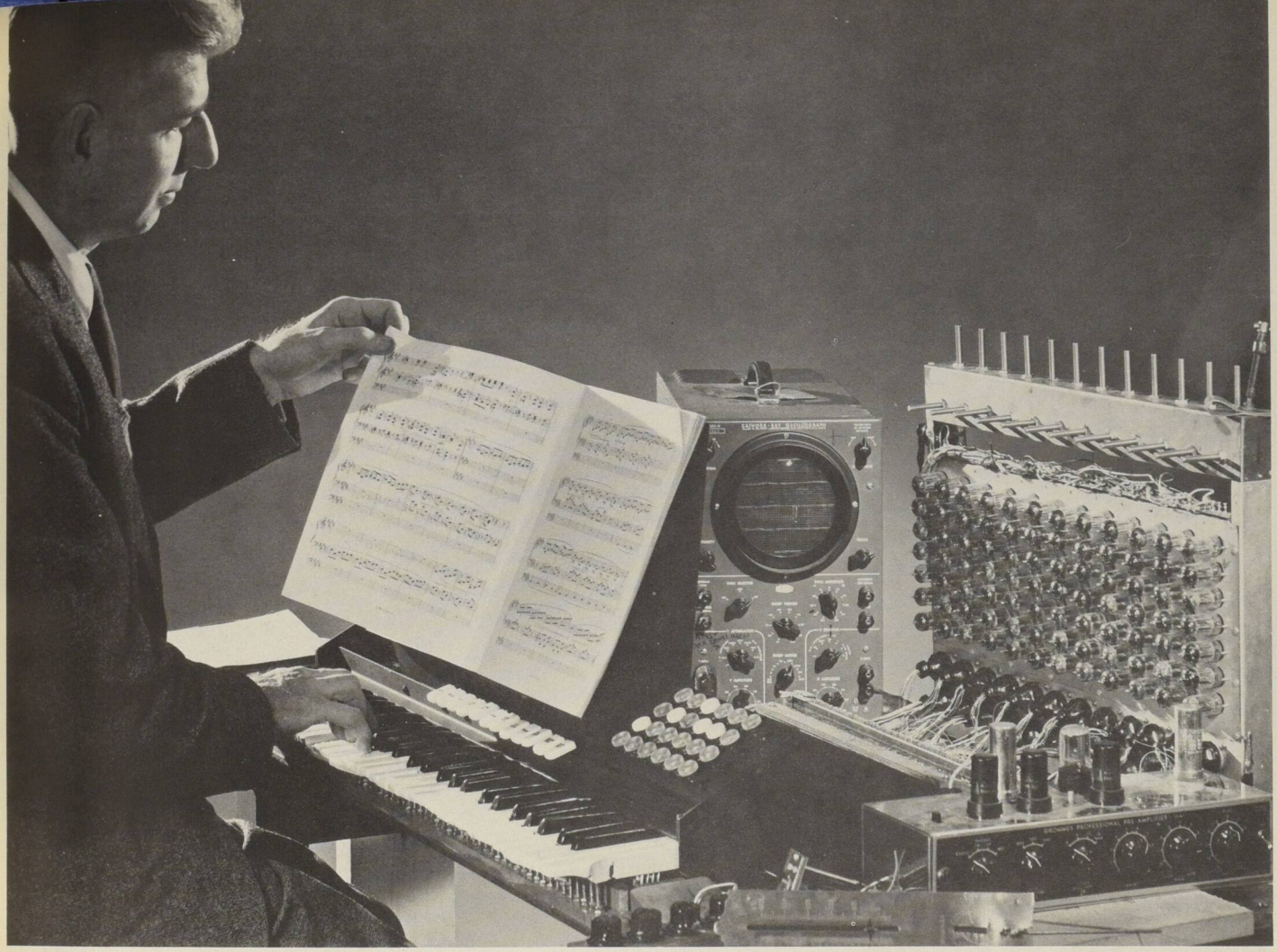
"We're all mentally lazy," Hugh LeCaine has said. "The electronic system aids a composer much in the same way as an adding machine aids an accountant. It gives him the mental energy to cover more ground and to see exactly what implications are contained in his original premise. What he composes is more truly an expression of his own subconscious idea about the piece — having heard more, he is able to pick the inspired combination better."

In demand as a lecturer, LeCaine was known to spend hundreds of hours preparing for one 30-minute talk. Although he had dozens of compositions to his credit, many of which have been heard on radio, television and in concerts, perhaps the best known is Dripsody, written in 1955. "The whole composition," wrote a reviewer in High Fidelity Magazine, "is based upon the single sound produced by the fall of a drop of water. This is developed in all manner of ways — plain and fancy scales, played with a neat, pearly perfection any piano virtuoso might envy; bell tones of several kinds; long sustained pure tones; and mixtures of these several elements. The work is particularly useful as an introduction for the lay listener."

As a leading authority and one of the world's foremost designers of electronic musical instruments, Hugh LeCaine was called upon for advice in the setting up of Canada's first electronic music studios — at the University of Toronto (from which he received an honorary LL.D. in 1973) and at McGill University (D. Mus. 1971) — and at the Hebrew University in Jerusalem. His alma mater, Queen's University, awarded him an honorary LL.D. in 1974.

A posthumous honor was conferred upon him when tapes, photographs and scores depicting his life-long work formed part of the audio-visual exhibition on the history of electronic music at the recent opening of the Centre Georges Pompidou in Paris, France; and at Queen's University, Harrison-LeCaine Hall stands in memory of the NRC scientist-musician who introduced electronic music to this country. □

Joan Powers Rickerd



Electrical Engineering Division/Division de génie électrique

Hugh LeCaine at the keyboard of the electronic sackbut.

Hugh LeCaine au clavier de la saqueboute électronique.

de lecture qu'il fallait utiliser dans les systèmes d'entraînement de bandes», ajoute Horace Aubrey. «À ce moment-là, ces systèmes n'étaient pas très courants et contrairement à ceux des magnétophones ordinaires qui n'ont qu'une tête unique, ceux du magnétophone multipiste en comptaient six! La tête de lecture devait être assez solide pour retenir les bandes lorsque le dispositif était en marche sans toutefois exercer trop de résistance pour les ralentir. Après avoir travaillé pendant des mois sur ce problème, j'avais finalement mis au point un mécanisme absolument fantastique que je m'empressai d'incorporer au magnétophone multipiste. Mais le lendemain de ma découverte, au comble de mon désarroi, je m'aperçus que le dispositif que j'avais conçu avait été démonté! Hugh y avait mis la main au cours de la nuit (il préférait travailler pendant les heures calmes) et il m'avait laissé une note: 'Horace, aussitôt que j'ai vu ce dispositif, j'ai compris qu'on pouvait l'améliorer, il suffit de faire ceci, et cela, et cela!' Cette situation en aurait sans doute fâché plusieurs», reprend Aubrey, «mais nous lui étions reconnaissants de son génie.»

«Nous sommes tous mentalement paresseux», avait dit Hugh LeCaine, «et le système électronique aide le compositeur tout comme la machine à calculer aide le comptable. Cet outil amplifie sa perception et sa sensibilité et lui permet de mieux anticiper les développements de ses thèmes originaux. Sa composition est une expression plus authentique de l'effet qu'il veut produire car, disposant de plusieurs versions, il peut choisir celle qui traduit le mieux son état d'âme.»

Conférencier très écouté, LeCaine passait des centaines d'heures à préparer une présentation de 30 minutes. Parmi les douzaines de compositions dont il est l'auteur, la plus connue est peut-être Dripsody, écrite en 1955. «Toute la composition», a écrit un critique dans la revue High Fidelity, «est basée sur le simple son produit par la chute d'une goutte d'eau. Ce thème est développé de toutes les façons possibles, à l'aide de gammes simples et composées jouées d'une façon si pure et crystalline que tout virtuose du piano pourrait l'envier, de sons de cloches variés, de sons longs, purs et soutenus, et de mélanges de ces nombreux éléments. Cette œuvre est une introduction à la musique électronique particulièrement intéressante pour l'auditeur non averti.»

En tant qu'autorité et que créateur d'instruments de musique électronique, Hugh LeCaine fut consulté lors de l'établissement de facultés à l'Université McGill (qui lui a conféré le titre de docteur honoris causa en musique en 1971), à l'Université de Toronto (où il a reçu un doctorat en droit en 1973), et à l'université hébraïque de Jérusalem. Son alma mater, l'Université Queen's, lui a également conféré le titre de docteur honoris causa en droit en 1974.

En sa mémoire, des enregistrements, des photos et des musiques de films reflétant tous ses travaux ont été présentés lors de l'exposition audio-visuelle sur l'histoire de la musique électronique qui a récemment eu lieu au Centre Georges Pompidou à Paris, en France; à l'Université Queen's, le pavillon de musique Harrison-LeCaine a également été construit en la mémoire de ce scientifique-musicien du CNRC qui a introduit la musique électronique au Canada. □

Texte français: **Annie Hlavats**

Air cushion vehicles — New "lift" for icebreakers

Transport Canada, Bell Aerospace Canada

Following the discovery that air-cushion vehicles break thick ice on rivers and lakes very effectively, Transport Canada and Canadian Coast Guard engineers have developed the promising new technique. In parallel, considerable research and development on ACV icebreaking is being sponsored and promoted by NRC's Associate Committee on Air Cushion Technology.

Followed by spreading ripples of broken ice, the Canadian Coast Guard's Bell Voyageur ACV clears a path on the frozen St. Lawrence River near Montreal. This is an application of the high-speed icebreaking method, especially useful for urban flood prevention and operation in restricted or shallow waters.

Laissant un sillage de glace fracassée, le Bell Voyageur de la Garde côtière canadienne dégage une voie navigable à travers les glaces du Saint-Laurent près de Montréal. La méthode «à haute vitesse» employée dans ce cas est particulièrement utile pour la prévention des inondations dans les zones urbaines et dans les sites difficiles d'accès ou les hauts-fonds.

In March 1976, waters rose rapidly on Quebec's Richelieu River and families were evacuated in the face of what had become a dangerous annual ritual, flooding caused by ice jams on the river. This time, though, things turned out differently. Help arrived in the form of the Canadian Coast Guard's Voyageur, a 20 m (65-ft.) long vehicle riding on a cushion of air. In a few hours, the Voyageur cleared a 14 km ice-jammed stretch of the river, and the next morning the flood subsided.

In just eight days of operations, the Voyageur crew cleared seven ice-jammed rivers around Montreal in another spectacular demonstration of a revolutionary method of icebreaking developed by Canadian scientists over the past few years.

It all started in the winter of 1971/72, in Yellowknife, N.W.T. Arctic Systems Limited, a Calgary-based company, had built the ACT 100, a large air cushion vehicle (ACV), in conjunction with Sun Oil Limited which intended to use it to move heavy oil drilling equipment in the Arctic. While testing out the ACT 100 on the ice of Great Slave Lake at Yellowknife, Sun Oil engineers discovered that it could break fresh water ice up to 68 cm (27 in.) thick at speeds up to 8 km/h. The heavy air cushion vehicle was blowing a bubble of air under the ice and, without the support of water, the ice was collapsing under its own weight. This was the first demonstration of air cushion icebreaking.

The following winter, Ron Wade of Transport Canada's Air Cushion Division ran further icebreaking experiments at Tuktoyaktuk, N.W.T. while testing the ACT 100 for river ferry operations. "We really saw the potential of this discovery for our Coast Guard operations," explains Wade, "and to develop it, an interdepartmental committee was formed with the NRC, the Canadian Coast Guard and other interested government departments.

"At the time, one of the most promising applications of the new icebreaking technique appeared to be placing a heavy ACV platform in front of a ship, so in 1974 some scale model experiments were conducted in an artificial ice tank. We put a scale model of the ACT 100 in front of a model of one of Canada's more powerful icebreakers, the Norman McLeod Rogers, and the results were most encouraging. Unaided, the Rogers can navigate through 46 cm (18 in.) of ice at about three knots, using full power to split and crush the ice. The model tests indicated that with an air cushion attachment, she would be able to navigate in much thicker ice, up to 76 cm (30 in.), at speeds approaching seven knots.

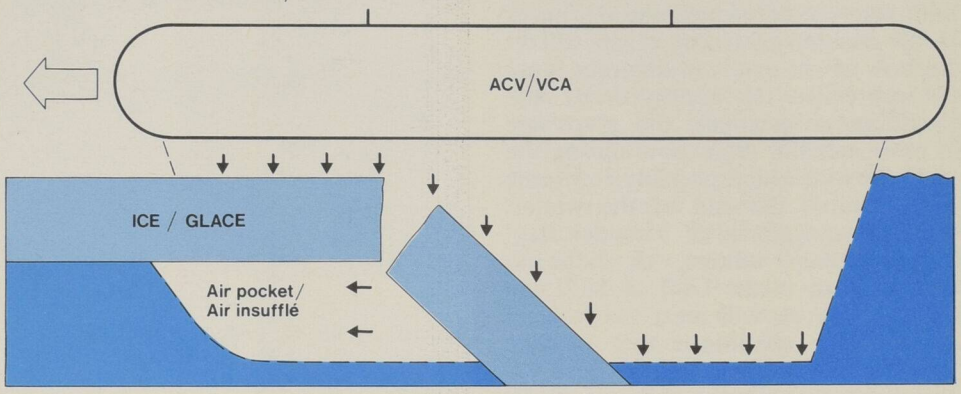
"Eventually, in the middle of 1975, Transport Canada decided to do full scale testing of the principle by mating the ACT 100 with the Alexander Henry, a light icebreaker that normally handles up to 30 cm (12 in.) of ice at two to three knots. Tests in the spring of 1976 at Thunder Bay, Ontario, confirmed the model test results. Without the ACV bow, the Alexander Henry rammed 46 cm (18 in.) thick ice and was rapidly halted in half a ship length. With it, she was able to go continuously through the same ice, at nine knots, using only half power. The ship's captain was very impressed and cleared a track across Thunder Bay Harbor in a quarter of the usual time. The test also showed that only 5 per cent of the fuel required by the unaided ship was needed for the job."

During the same period of time when the new icebreaking method was being investigated, another technique was discovered by accident. The Canadian Coast Guard had been conducting some other icebreaking tests in the Georgian Bay area near Parry Sound, using the Bell Voyageur self-propelled ACV. While proceeding to the test site at 20 to 30 knots, the Voyageur generated such a steep wave in the water below the ice that it broke a swath 30 m (100 ft.) wide, in 51 cm (20 in.) thick ice. Subsequently, the Voyageur was moved to Montreal for general evaluation and in the winters of 1974-75 and 1975-76, the high-speed icebreaking method was further developed. The ship showed that it could clear up to 18 km² of ice an hour, performing in one or two hours a job that would take a conventional icebreaker a whole day. It could also venture where no conventional icebreaker could go because of shallow water, low bridges or power lines.

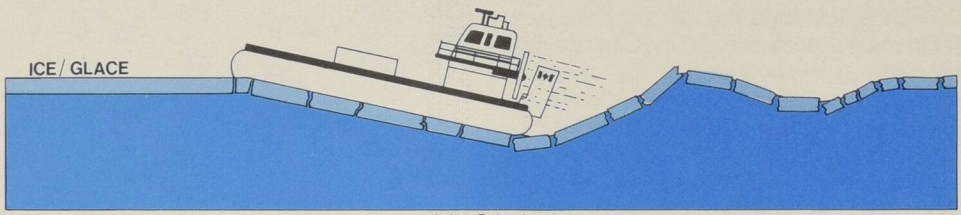
Les véhicules à coussins d'air
Des brise-glace nouvelle vague

Depuis la découverte des possibilités très intéressantes des brise-glace à coussins d'air, les ingénieurs de Transport Canada et de la Garde côtière canadienne ont entrepris d'explorer en détail cette nouvelle technique prometteuse. Parallèlement à ces travaux, le Comité associé sur les véhicules à coussins d'air du CNRC appuie toute une gamme de projets de recherche et de développement reliés à l'emploi des brise-glace à coussins d'air.

LOW SPEED ICEBREAKING / MÉTHODE À BASSE VITESSE



HIGH SPEED ICEBREAKING / MÉTHODE À HAUTE VITESSE



John Brittain

Les ingénieurs canadiens ont mis au point deux techniques différentes permettant l'emploi des véhicules à coussins d'air (VCA) comme brise-glace. Dans la méthode «à basse vitesse», une plate-forme à coussins d'air poussée par un navire insuffle de l'air sous la glace. Privée du support de l'eau, la glace se rompt sous son propre poids. Dans la méthode «à haute vitesse», un VCA autopropulsé se déplace à une vitesse suffisante pour créer une vague abrupte qui disloque la glace.

Canadian engineers have developed two methods of using air cushion vehicles (ACVs) for icebreaking. The low-speed method (above) consists of blowing air under the ice. Unsupported by water, ice collapses under its own weight. In the high-speed method, a self-propelled ACV moves at such a speed that it generates a steep wave in the water, shattering the ice in its path.

En mars 1976, comme à chaque printemps depuis toujours, le Richelieu commença à se gonfler sous l'effet des embâcles. Cette année-là, les événements prirent toutefois une tournure différente. Les riverains menacés de dangereuses inondations reçurent l'aide d'un brise-glace nouveau genre de la Garde côtière canadienne, le Voyageur, un véhicule à coussins d'air (VCA) de 20 m (65 pi.) de long. En quelques heures, le Voyageur libéra une section de 14 km de la rivière de ses glaces et le lendemain matin, la menace d'inondation s'estompa.

En huit jours de travail, l'équipage du Voyageur brisa des embâcles sur sept rivières de la région de Montréal, démontrant de façon spectaculaire les avantages d'un nouveau type de brise-glace mis au point par les scientifiques canadiens ces dernières années, le brise-glace à coussins d'air.

Les premiers travaux dans ce domaine remontent à l'hiver de 1971/1972 et ont été effectués à Yellowknife dans les Territoires du Nord-Ouest, par la compagnie pétrolière Sun Oil. Cette dernière avait commandé à la Arctic Systems Limited, de Calgary en Alberta, un grand véhicule à coussins d'air, l'ACT 100. Celui-ci devait servir au transport de lourds équipements de forage dans l'Arctique. Lors d'essais du nouvel aéroglisseur, effectués sur la glace du Grand Lac de l'Esclave, à Yellowknife, les ingénieurs de la Sun Oil découvrirent qu'il pouvait rompre une couche de glace d'eau douce pouvant atteindre 68 cm d'épaisseur (27 pouces) à une vitesse de 8 km/h. Le grand aéroglisseur insufflait de l'air sous la glace qui se brisait alors sous son propre poids, n'étant plus supportée par l'eau. Ce fut la première démonstration de l'emploi d'un aéroglisseur comme brise-glace.

L'hiver suivant, Norm Wade, ingénieur rattaché à la Division des véhicules à coussins d'air de Transport Canada, effectua d'autres expériences de même nature à Tuktoyaktuk, T.N.-O., lors d'essais de l'ACT 100 comme traversier fluvial. «Nous avons alors réalisé l'intérêt de cette découverte pour aider la Garde côtière canadienne à remplir sa mission», précise Norm Wade, «et nous avons formé un comité interministériel comprenant des représentants du CNRC, de la Garde côtière canadienne et d'autres ministères intéressés, dans le but d'évaluer les avantages de la nouvelle technique.

«À cette époque, l'application la plus prometteuse semblait être de placer une grande plate-forme à coussins d'air à l'avant d'un navire. Nous avons donc effectué des expériences sur des maquettes à l'échelle, dans un bassin d'essais recouvert de glace simulée. Nous nous sommes servis d'un modèle réduit d'un des brise-glace les plus puissants en service au Canada, le Norman McLeod Rogers, et les résultats ont été très encourageants. Ce brise-glace peut normalement naviguer dans une couche de 46 cm (18 pouces) de glace à environ 3 nœuds, éperonnant et brisant la glace par la force de ses machines. Nos expériences sur modèle réduit indiquèrent qu'à l'aide d'une plate-forme à coussins d'air, ce navire pourrait naviguer dans une couche de glace atteignant 76 cm (30 pouces), et ce, à près de 7 nœuds.

«Au milieu de 1975, Transport Canada décida de procéder à des essais pratiques de la nouvelle technique. Nous avons donc attaché l'ACT 100 à l'avant de l'Alexander Henry, un petit brise-glace qui peut normalement rompre 30 cm (12 pouces) de glace à une vitesse de 2 ou 3 nœuds. Les résultats des essais, effectués au printemps de 1976 à Thunder Bay en Ontario, confirmèrent les prédictions résultant des tests sur maquette. Sans la plate-forme à coussins d'air, l'Alexander Henry s'attaqua à une couche de 46 cm (18 pouces) de glace et fut brutalement stoppé sur la moitié de sa propre longueur. Avec la plate-forme, ce bateau put circuler sans difficulté dans cette couche de glace à une vitesse de 9 noeuds, et ce, en n'employant que la moitié de sa force propulsive. Le capitaine du navire en

"Air cushion icebreaking technology is now maturing rapidly," says Ron Wade. "For the past two winters, we have used the Voyageur extensively for routine icebreaking and flood control operations in the Montreal area. We have also commissioned the design of an air cushion platform which will fit the bow of six or seven different types of icebreaker. If approved by the Canadian government, the plans are to construct the ACV bow during the 1977-78 winter and possibly run some tests towards the end of the winter, which may again be at Thunder Bay. In subsequent winters, we hope to take her out in the Gulf of St. Lawrence where we will meet sea ice and other rough conditions that provide valuable test information. If these experiments prove successful, the Coast Guard might build more of these ACV platforms.

"This development of a whole new icebreaking technology in Canada has alerted experts around the world," adds Wade. "We have had delegations from the Russian and the American Coast Guards, as well as requests for information from Sweden, Finland, West Germany and Norway; there is obviously a potential export market for Canadian expertise and equipment in this exciting new field. The Canadian shipping industry is also interested since, in effect, an air cushion bow attachment might make an ordinary ship into an icebreaker capable of year-round navigation on the Great Lakes and the St. Lawrence.

"Another intriguing possibility is the exploitation of the gas reserves discovered beneath Canada's Arctic islands. An air cushion-assisted Liquefied Natural Gas (LNG) carrier might well be the best method for bringing gas to Southern consumers."

In parallel with these developments, considerable research and development of ACV technology is sponsored and promoted by the National Research Council's Associate Committee on Air Cushion Technology, currently headed by Mr. C. R. Silversides, Chief of the Forest Management Technology Program at Environment Canada.

Says Mr. Silversides: "This Associate Committee brings knowledgeable people together from the private sector, the universities, and various government departments such as Transport Canada, Ontario Hydro, Hydro-Québec and NRC's Division of Mechanical Engineering. Besides assuming a liaison role between the private and the public sector, we are involved with several working groups; for instance, one group headed by Howard Fowler of NRC's Division of Mechanical Engineering is concerned with studying the basic characteristics of ACV technology. Also, we are in the process of forming a working group on urban and municipal icebreaking to develop a technology for controlling spring floods caused by ice jams on rivers, a serious problem in many areas of Canada. Municipal authorities from cities like Montreal and Ottawa are already well aware of the possibilities of air cushion vehicles for flood control. In the coming months, we plan to have contacts with officials from several other Canadian cities where ACV's could be useful, to define performance and noise standards for such vehicles operating in confined urban areas." □

Michel Brochu

Transport Canada

Assisted by an air cushion platform at her bow, the light icebreaker Alexander Henry opens up Thunder Bay Harbor in the spring of 1976, using the low-speed icebreaking method.

À l'aide d'une proue à coussins d'air, l'Alexander Henry, petit brise-glace des Grands Lacs, libère de sa glace le port de Thunder Bay au printemps de 1976. C'est un exemple de l'emploi de la technique «à basse vitesse».

Michel Brochu

Following the discovery by Transport Canada and Canadian Coast Guard engineers that air cushion vehicles are very effective in breaking thick ice on lakes and rivers, scientists from the Engine Laboratory of NRC's Division of Mechanical Engineering have started tests to clarify the mechanisms by which air cushion vehicles break ice faster and with less expenditure of fuel than conventional icebreakers.

Des ingénieurs de Transport Canada et de la Garde côtière canadienne ont récemment découvert que les véhicules à coussins d'air peuvent briser d'épaisses couches de glace sur les lacs et les rivières, et ce, de façon très efficace. Les chercheurs du Laboratoire des moteurs de la Division de génie mécanique du CNRC ont donc entrepris des expériences visant à élucider le processus qui permet aux véhicules à coussins d'air de rompre la glace plus vite et en dépensant beaucoup moins de carburant que les brise-glace classiques.

Canadian Government Photo Centre/Centre de photographie du gouvernement canadien

Alone in a sea of ice, the icebreaker Louis S. St-Laurent forces her way through Arctic waters. The ship is one of the many icebreakers maintained by the Canadian Coast Guard to assist navigation and prevent floods.

Seul dans un désert de glace, le brise-glace Louis S. Saint-Laurent se fraye un chemin dans les eaux de l'Arctique. C'est l'un des nombreux brise-glace employés par la Garde côtière canadienne pour la protection de la navigation et la prévention des inondations.

fut très impressionné; il dégagea une voie navigable dans le port de Thunder Bay en un quart du temps habituel, et en ne dépensant que le vingtième du mazout normalement employé.»

En parallèle avec ces expériences, la Garde côtière fit une découverte intéressante lors d'essais effectués dans la région de la baie Georgienne près de Parry Sound, au moyen d'un aéroglisseur autopropulsé, le Bell Voyageur. En filant à une vingtaine de nœuds vers le site d'essais, le Voyageur généra dans son sillage une vague si abrupte sous la glace qu'elle se rompit sur une largeur d'une trentaine de mètres (100 pi.), malgré son épaisseur de 51 cm (20 pouces). Le Voyageur fut ultérieurement transporté à Montréal pour subir des essais plus complets et pendant l'hiver de 1974-1975 et l'hiver suivant, on perfectionna la nouvelle technique dite «à haute vitesse». Le Voyageur s'avéra capable de dégager de la glace, en une heure, une superficie d'environ 18 km² et d'effectuer ainsi en une heure ou deux un travail prenant une journée à un brise-glace conventionnel. Il se montra aussi capable d'opérer en des endroits normalement inaccessibles aux brise-glace en raison de la faible profondeur de l'eau ou de la présence de lignes à haute tension ou de ponts.

«La technique des brise-glace à coussins d'air progresse rapidement», d'ajouter Norm Wade. «Ces deux derniers hivers, le Voyageur a été employé souvent pour les opérations routinières d'enlèvement de la glace fluviale et de prévention des inondations dans la région de Montréal. Nous avons également décidé de faire dessiner les plans d'une plate-forme sur coussins d'air qui s'adapterait à l'avant de 6 ou 7 brise-glace différents. Si le gouvernement canadien nous y autorise, nous prévoyons de faire construire cette plate-forme au cours de l'hiver 1977-1978, avec la possibilité de faire quelques tests en fin de saison, peut-être dans la région de Thunder Bay. Au cours des hivers subséquents, nous aimerions effectuer des essais dans le golfe du Saint-Laurent, région où on peut rencontrer de la glace d'eau salée et d'autres problèmes de navigation qui rendent les essais plus instructifs. En cas de succès, il est possible que la Garde côtière construise un plus grand nombre de ces plates-formes à coussins d'air.

«Cette mise au point par des Canadiens d'un type entièrement nouveau de brise-glace a éveillé l'intérêt des experts mondiaux en ce domaine», de dire M. Wade. «Nous avons reçu des délégations de visiteurs en provenance des gardes côtières des États-Unis et de l'URSS, ainsi que des demandes de renseignements de la Suède, de la Finlande, de la Norvège et de l'Allemagne de l'Ouest; de toute évidence, il y a là de réelles possibilités d'exporter l'équipement et les techniques canadiennes dans ce nouveau domaine très prometteur. L'industrie maritime canadienne a aussi manifesté un vif intérêt pour ces développements étant donné qu'on pourrait ainsi, au moyen de l'adjonction d'une proue à coussins d'air, transformer un cargo ordinaire en un brise-glace capable de naviguer à l'année longue sur les Grands lacs et le Saint-Laurent.

«Une autre possibilité intéressante pourrait être l'exploitation des gisements de gaz naturel découverts dans les îles de l'Arctique canadien. La meilleure façon de transporter ce gaz vers les marchés du Sud pourrait bien être l'emploi de méthaniers équipés d'une proue à coussins d'air.»

En parallèle avec ces développements, des chercheurs s'emploient activement à faire progresser la technologie des véhicules à coussins d'air, dans le cadre du Comité associé sur la technologie des coussins d'air du CNRC, présidé actuellement par M. C. R. Silversides, chef au Programme d'exploitation forestière à Environnement Canada.

Selon M. Silversides, le Comité associé regroupe des experts en provenance du secteur privé, des universités et de divers organismes gouvernementaux tels que Transport Canada, l'Hydro-Ontario, l'Hydro-Québec et la Division de génie mécanique du CNRC. «En plus d'assumer un rôle de trait d'union entre les secteurs public et privé, nous avons créé plusieurs groupes de travail; par exemple, l'un de ces groupes, dirigé par M. Howard Fowler, de la Division de génie mécanique du CNRC, s'intéresse aux caractéristiques de base des véhicules à coussins d'air. Nous procédons actuellement à la formation d'un autre groupe chargé d'étudier l'emploi des VCA pour la prévention des inondations causées dans les municipalités canadiennes par les embâcles printaniers; il s'agit là d'un problème sérieux dans plusieurs régions du Canada. Les administrations municipales de villes telles que Montréal et Ottawa sont déjà bien conscientes des avantages des VCA pour la prévention des inondations printanières; en outre, dans les mois à venir, nous prévoyons de tenir des rencontres avec des dirigeants de plusieurs autres villes du Canada où la technique pourrait être avantageuse, pour établir les normes et les caractéristiques de véhicules à coussins d'air conçus pour opérer dans l'espace restreint des régions urbaines.» □

Michel Brochu

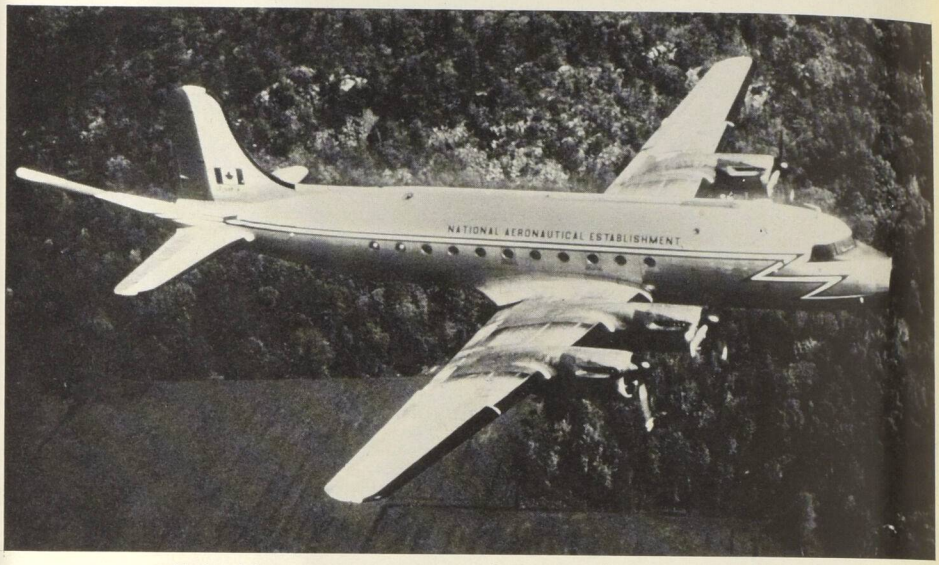
Veteran research aircraft — The North Star

The world's last airworthy North Star has been retired after 14 years of service with NRC's National Aeronautical Establishment (NAE). This venerable aircraft carried a sophisticated laboratory in which the original version of the magnetic sensing systems now used by various NATO forces for submarine detection was developed. Magnetic data gathered during extensive flights over Canada's continental shelf in the North Star focussed the search for offshore oil and gas on promising areas, and gave evidence of the drift of continents and the spreading of sea-floors.

The last of the North Stars first flew in 1948. It was a stalwart aircraft, powered by four roaring Rolls Royce Merlin engines, and designed for long range transport. In the early 1960's, when the advent of turbines began to antiquate many aircraft with piston engines, the Royal Canadian Air Force, original owner of the North Star, transferred it to NAE. Converted into a flying laboratory it took a new lease on life, serving as the heart of a research program in which a high performance system for measuring magnetic fields was developed. Submarine detection was the major application of this work, with surveys of the earth's magnetic field as an important spinoff.

A submarine is never completely hidden, even when submerged, for ocean waters cannot damp the small magnetic field produced by its steel hull. To a magnetometer (an instrument which measures magnetic field strength), a submarine declares its presence as a disturbance or anomaly in the earth's field. This is the principle on which airborne submarine detection systems have been based since the Second World War. Though simple in concept, its practical application in the North Star required complex developments of equipment and technique.

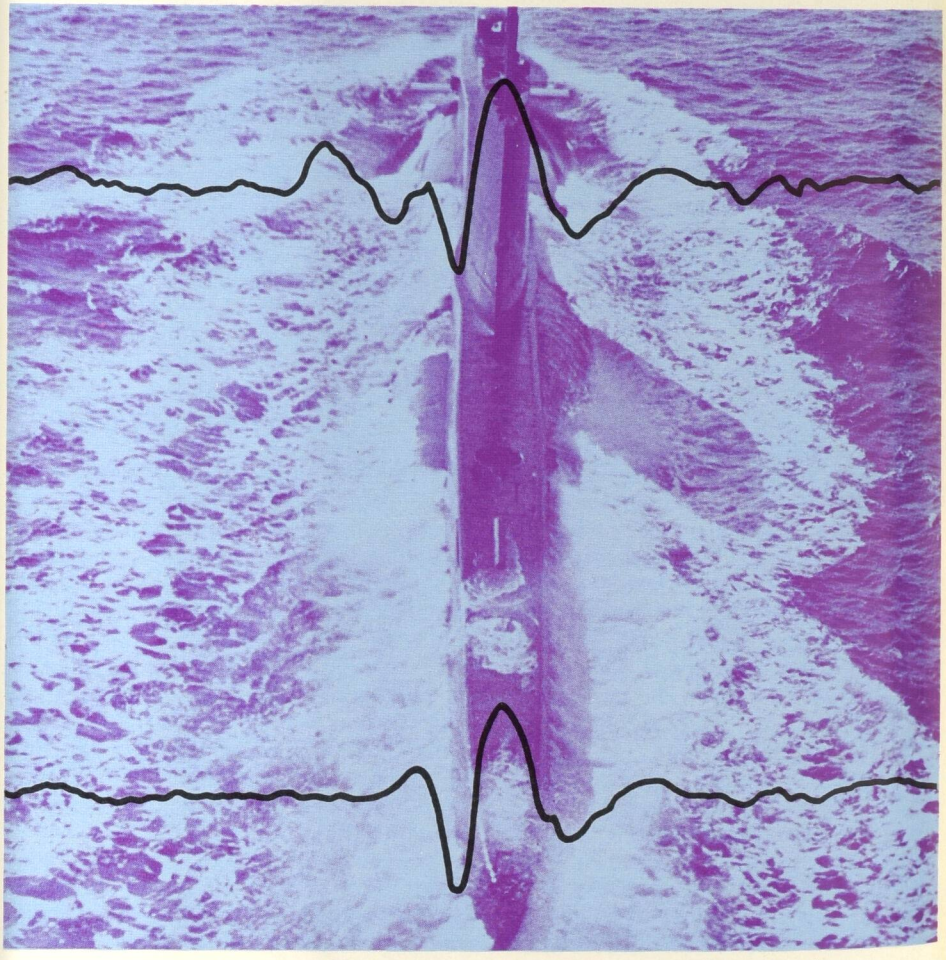
An extremely sensitive magnetometer was needed, because the strength of a magnetic signal decays rapidly with distance, and the altitude which a large aircraft must maintain during an ocean patrol is as much as 300 m (1,000 ft). The magnetometer used in the North Star was developed at NAE from a sophisticated laboratory instrument (the optically pumped rubidium magnetometer) and many problems were faced in adapting it for airborne use.



National Aeronautical Establishment/Établissement aéronautique national

The North Star in flight. A very sensitive magnetic sensor is housed in the "stinger" protruding from the aircraft's tail.

Le North Star en vol. Un détecteur magnétique ultrasensible se trouve à l'intérieur du dard jaillissant de la queue de l'avion.



Department of National Defence/Ministère de la défense nationale John Brittain

Contact with the submarine Okanagan, as recorded by the North Star in January, 1976. The same magnetic signature is shown in both tracings: above, it is buried in magnetic noise; below, it becomes distinct after compensation for noise by a computer system.

Contact du North Star avec le sous-marin Okanagan, en janvier 1976. La même signature magnétique apparaît dans les deux tracés: ci-dessus, elle est noyée dans le bruit magnétique; ci-dessous, elle apparaît distinctement après filtrage à l'ordinateur.

Un vieux laboratoire volant
Le North Star

Jusqu'à sa mise à la retraite après 14 années au service de l'Établissement aéronautique national (EAN) du CNRC, le North Star était le dernier appareil de sa catégorie à voler dans le monde. Ce vétéran était en fait un laboratoire volant très perfectionné où a été mise au point la première version des systèmes utilisés par les divers pays membres de l'OTAN pour la détection magnétique des sous-marins. Les données magnétiques enregistrées à bord de ce laboratoire au cours de vols de longue durée au-dessus du plateau continental canadien ont permis de concentrer la recherche de gisements de pétrole et de gaz en mer sur des zones intéressantes et de renforcer la théorie de la dérive des continents et de l'expansion du fond des mers.

Le dernier des North Stars a volé pour la première fois en 1948. C'était un appareil robuste équipé de quatre moteurs Rolls Royce Merlin puissants et conçu pour le transport sur de longues distances. Au début des années soixante, lorsque l'avènement des turbopropulseurs frappa de vétusté de nombreux avions à moteurs classiques, l'Aviation royale du Canada, propriétaire d'origine du North Star, le transféra à l'ÉAN. Transformé en laboratoire volant, il renaquit en quelque sorte, devenant l'élément fondamental d'un programme de recherche au cours duquel a été mis au point un système très sensible de mesure des champs magnétiques. La principale application de ces travaux est la détection des sous-marins, l'étude du champ magnétique terrestre constituant une importante application secondaire.

Un sous-marin n'est jamais complètement caché, même lorsqu'il est en plongée, parce que les eaux océaniques ne peuvent atténuer le faible champ magnétique produit par sa coque d'acier. Un magnétomètre (instrument qui mesure la force du champ magnétique) détecte sa présence par la perturbation ou l'anomalie qu'il crée dans le champ magnétique terrestre. On s'est inspiré de ce principe pour la mise au point du système de détection de sous-marins du North Star. Malgré sa simplicité, son application n'a pas été facile.

On avait besoin d'un instrument extrêmement sensible parce que la force d'un signal magnétique décroît rapidement avec la distance et aussi parce qu'un avion ne peut voler en toute sécurité au-dessus de l'océan à une altitude très inférieure à 300 m (1 000 pieds). Le magnétomètre qui se trouvait à bord du North Star a été mis au point à l'ÉAN, à partir d'un instrument de laboratoire très perfectionné (magnétomètre à rubidium à pompage optique) et il a fallu résoudre de nombreux problèmes pour en réaliser une version aéroportée.

Parmi ces problèmes, citons le fait que, contrairement à un laboratoire terrien, un avion produit des signaux magnétiques pouvant masquer ceux provenant d'un sous-marin, particulièrement pendant les manœuvres. À l'origine, le magnétomètre se trouvait dans un corps profilé («bird») fixé à l'extrémité d'un long câble de remorquage pour réduire au minimum ces signaux parasites, mais ce dispositif encombrant empêchait l'exécution des manœuvres nécessaires à la localisation précise d'un sous-marin. On a finalement choisi de mettre au point divers systèmes informatiques pour mesurer l'interférence et la soustraire continûment du signal émanant du magnétomètre. Avec la compensation automatique, il devenait possible de monter le magnétomètre sur la longue perche qui était le signe distinctif du North Star.

Étant donné que les données magnétiques, aussi précises soient-elles, ne sont d'aucune utilité si l'on ne connaît pas avec précision la trajectoire de l'avion, on a également fait des études de navigation à bord du North Star. Pour communiquer avec les sous-marins, les militaires utilisent des stations émettrices à très basses fréquences, disséminées un peu partout dans le monde, qui leur permettent de faire le point car leurs signaux forment un réseau radioélectrique à couverture globale. Les chercheurs travaillant avec le North Star ont conçu de nouvelles techniques pour naviguer avec l'aide de ce réseau invisible.

Pour combiner la navigation avec les données magnétiques, pour filtrer, afficher, enregistrer et traiter un flot d'informations, il a fallu trouver le moyen d'installer du matériel particulièrement avancé à bord du vieil avion. Un ordinateur, relié à des châssis chargés de chronomètres, de compteurs, d'écrans cathodiques, d'imprimantes, d'une mémoire à disques et d'enregistreurs magnétiques, constituait la base du système. Il a fallu faire appel à plus d'une douzaine de scientifiques, d'ingénieurs, de techniciens et de membres d'équipage pour exploiter le North Star loin de sa base.

Le système a été testé à plusieurs reprises en survolant d'authentiques sous-marins, la dernière fois en janvier 1976, lorsque le North Star effectua un rendez-vous avec le sous-marin canadien Okanagan, au large des Bermudes. Les résultats ont dépassé toutes les espérances et ont montré l'utilité de tant d'années de travail. Ce dispositif de détection est actuellement considéré comme étant le plus avancé du genre et il a été réétudié par CAE Industries Ltd., à Montréal, pour en faire un ensemble robuste qui sera utilisé par les avions de patrouille maritime militaires canadiens et par ceux d'autres pays membres de l'OTAN.

Il a non seulement permis au North Star de détecter des sous-marins, mais aussi de recueillir de précieuses informations géologiques. Les études magnétiques expérimentales faites en collaboration avec la Commission géologique du Canada ont conduit l'appareil et son équipage à effectuer de nombreuses et bruyantes missions à basses altitudes au-dessus de l'Atlantique, de régions isolées de l'Arctique, survolant de long en large les régions séparant le Canada du Groenland, pour atteindre le Pacifique, les Caraïbes et même le Pôle nord.

L'objet de ces vols était de sonder le plateau continental canadien pour y déceler d'éventuels gisements de pétrole et de gaz naturel. En dépit du fait que ni ces combustibles, ni les roches sédimentaires qui les renferment ne sont magnétiques, un géophysicien expérimenté parvient fréquemment à extraire des signaux magnétiques des données qui le renseignent sur l'épaisseur des sédiments et, partant, sur la probabilité d'y découvrir du pétrole et du gaz naturel.

Au cours des années soixante-dix, un certain nombre de puits d'exploration forés au large du Labrador intersectaient des zones de gaz naturel. Bien que ces résultats ne soient pas à proprement parler mirobolants (les puits sont rares et les icebergs nombreux), ils sont encourageants. Le North Star n'est pas étranger à ces découvertes puisque ses relevés magnétiques de la mer du Labrador ont attiré l'attention sur l'épaisseur importante des roches sédimentaires de cette région.

À des milliers de kilomètres à l'est du Labrador, de l'autre côté de l'Atlantique, se trouve la mer du Nord qui est une productrice prolifique de

For example — unlike a laboratory on the ground, an aircraft itself generates magnetic signals, especially during maneuvers, that can mask those caused by a submarine. Originally the magnetometer was towed in a "bird" at a sufficient distance behind the North Star to minimize such spurious signals, but this cumbersome arrangement made it impossible to fly the maneuvers needed to pinpoint a submarine.

The solution finally adopted was to develop various computer systems to measure interference and subtract it continuously from the magnetometer signal. With automatic compensation the magnetometer could be mounted in the long tail boom or "stinger" that became the distinguishing feature of the North Star.

Since magnetic data, no matter how precise, are of little use unless the track of the survey aircraft can be pinpointed, navigation research was also carried out in the North Star. Scattered around the world are a number of very low frequency radio transmitters used by the military to communicate with submarines. Their signals form a world-wide wave pattern from which position can be calculated. The North Star research team pioneered computerized techniques for navigating by this invisible network.

To integrate navigation with magnetic data, to filter, display, record and reduce a flood of information, some very up-to-date equipment was packed into the veteran aircraft. A computer was the heart of the system, linked to racks full of clocks, counters, visual display scopes, printers, a memory disc and tape recorders. More than a dozen scientists, engineers, technicians and flight crew were needed to operate the North Star away from base.

This system was tested over actual submarines a number of times, most recently in January 1976, when the North Star rendezvoused with the Canadian submarine Okanagan off Bermuda. The results exceeded expectations and validated years of work. The system is currently considered to be the most advanced of its type and has been re-engineered by CAE Industries Ltd of Montreal into a rugged military unit for use by Canadian and other NATO maritime patrol aircraft.

The North Star's system not only found submarines, but also provided valuable geological information. Experimental magnetic surveys carried out with the Geological Survey of Canada took the aircraft and crew on many a long, noisy and low altitude trip over the Atlantic, over remote Arctic expanses, criss-crossing between Canada and Greenland, to the Pacific, Caribbean, and even to the North Pole.

Geological Survey of Canada/Commission géologique du Canada

The purpose of many of these flights was to probe Canada's continental shelf for oil and gas. Despite the fact that neither these fuels, nor the sedimentary rocks in which they occur, are magnetic, a skilled geoscientist can often interpret magnetic data to yield information on the thickness of sediments and hence on the probability of finding oil and gas.

During the 1970's a number of exploratory wells drilled off the coast of Labrador intersected zones of natural gas. Although these showings do not constitute a bonanza field — the holes are few, the iceberg hazards many — they are encouraging. The North Star played a part in these discoveries since its magnetic surveys of the Labrador Sea drew attention to the significant thickness of sedimentary rock in the area.

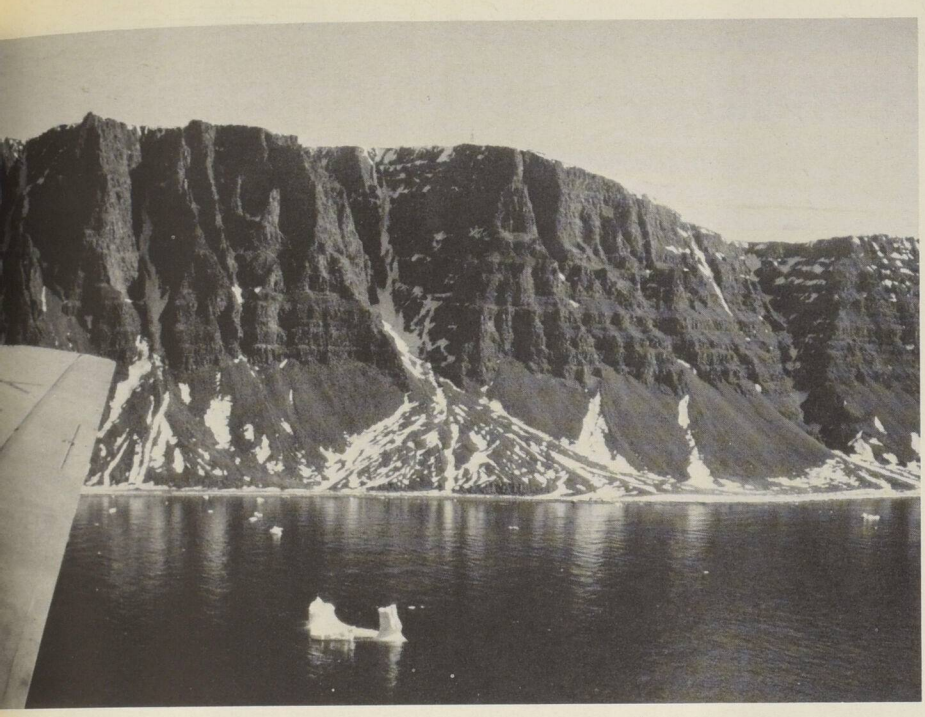
Thousands of kilometers east of Labrador, across the Atlantic, lies the North Sea — a prolific oil and gas producer, and geologically similar to the Labrador Sea. That their similarity is not coincidence but the result of proximity in the distant past is one consequence of a revolutionary theory for which North Star aeromagnetics provided support.

The theory of plate tectonics, now widely accepted, sees the earth's crust as broken into enormous, mobile plates. On two such plates, which happen to be moving apart, ride the continents of Europe and North America. Once they were part of one continent — with what is now the North Sea close to what is now the Labrador Sea — but they have drifted apart, and between them the Atlantic ocean has opened.

Running down the middle of this ocean is a stupendous and active chain of volcanoes: the Mid-Atlantic Ridge. Here, molten rock continously wells up from deep within the earth, congeals, and spreads out to form new ocean floor between the retreating continents. If the theory is correct, such activity should produce a characteristic magnetic pattern. (Somewhat like a magnetic tape recording, lava is magnetized by the earth's field as it cools and spreads to each side of the ridge. Since the field switches polarity every few million years or so, parallel stripes of positive and negative anomalies are formed symmetrically about the ridge.) The North Star, traversing the Mid-Atlantic Ridge south of Iceland (an island peak stradding the ridge), demonstrated the mirror-like symmetry of this characteristic pattern over large distances, thus providing additional support for the plate tectonic concept.

The North Star, like a good workhorse, was honorably retired this spring. The last of its kind in the air, it had logged 4,612 hours of flight time with NAE, exhausting the lifespan of its engines as well as its stock of spare parts. It has been replaced by a Convair 580 which is now being elaborately equipped for a wide range of projects, including work with the latest generation of magnetometers and navigation research. Though the North Star is now an historic relic, the research program of which it was once the heart lives on. □

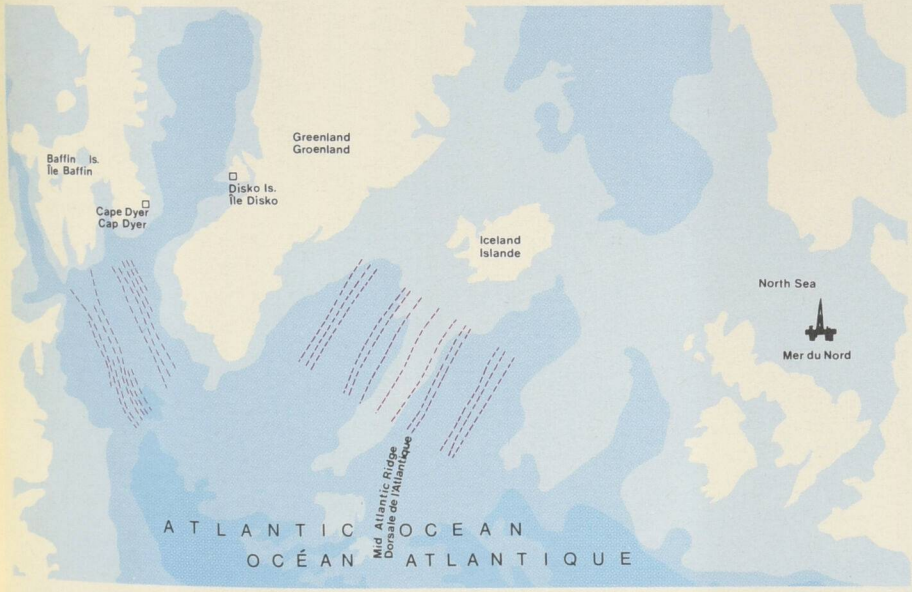
Séan McCutcheon



Geological Survey of Canada/Commission géologique du Canada

Views from the North Star of (left) Cape Dyer, Baffin Island, and (right) Disko Island, Greenland (see map). Magnetic data gathered on flights over the ocean separating these cliffs support the theory that they are fragments of a plateau which has been pulled apart by continental drift. Note the similarity of the flat-lying lava flows exposed in both rock faces.

Vus du North Star: le cap Dyer (à gauche), la terre de Baffin, et l'île de Disko (à droite), le Groenland (voir la carte). Les données magnétiques recueillies au cours de survols de l'océan séparant ces falaises renforcent la théorie selon laquelle il s'agit de fragments d'un plateau qui a été déchiré par la dérive continentale. En examinant attentivement la paroi rocheuse des falaises on remarque la similarité des coulées de lave laminaires.



John Brittain

North Star magnetic data graphically maps the drifting apart of North America, Greenland and Europe, once one continent. The red stripes join magnetic anomalies which were frozen into new sea floor rock as it was being formed from lava welling up along a mid-ocean ridge. The continuous creation and slow outward spread of sea floor and the periodic reversals of the earth's magnetic field have created the extraordinary symmetry of magnetic stripes about the ridge axis.

Les données magnétiques du North Star évoquent la dérive de l'Amérique du Nord, du Groenland et de l'Europe, jadis unis. Les bandes rouges relient entre elles les anomalies magnétiques qui ont été figées dans le fond rocheux de la mer, formé par la lave surgissant d'une dorsale médio-océanique. La création continue et l'expansion lente du fond des mers, ainsi que les inversions périodiques du champ magnétique terrestre, sont à l'origine de l'extraordinaire symétrie de bandes magnétiques réparties de part et d'autre de l'axe de la dorsale.

pétrole et de gaz naturel et, de plus, géologiquement similaire à la mer du Labrador. Que leur similarité ne soit pas une coïncidence mais au contraire le résultat de leur proximité dans un lointain passé est ce que donne à penser une théorie révolutionnaire à laquelle le North Star a contribué.

Selon la théorie de la tectonique des plaques, maintenant largement acceptée, la croûte terrestre serait constituée d'énormes plaques mobiles. Les continents européen et nord-américain occupent la surface de deux de ces plaques qui, incidemment, s'éloignent l'une de l'autre. Elles constituaient à l'origine un continent unique, — l'actuelle mer du Nord se trouvant alors à proximité de l'actuelle mer du Labrador — mais elles se sont séparées en laissant la place à l'océan Atlantique.

Cet océan est partagé par une fantastique et active chaîne de volcans connue sous le nom de dorsale médio-atlantique. De la roche en fusion provenant des profondeurs terrestres en surgit continûment, se solidifie et s'étale pour former un nouveau fond océanique entre les continents en dérive. Si la théorie est exacte, une telle activité devrait produire un réseau magnétique caractéristique (un peu comme un enregistrement magnétique, la lave est magnétisée par le champ magnétique terrestre à mesure qu'elle se refroidit et qu'elle s'étale de part et d'autre de la dorsale). Etant donné que ce champ change de polarité après quelques millions d'années, des bandes parallèles et symétriques d'anomalies positives et négatives se forment sur les flancs de la dorsale. En traversant la dorsale médio-atlantique au sud de l'Islande (pic insulaire enjambant la dorsale), le North Star a démontré la symétrie parfaite de ce réseau caractéristique, sur de grandes distances, renforçant ainsi la théorie de la tectonique des plaques.

Tout comme un bon cheval de labour, le North Star a été mis à la retraite au cours du printemps. Le dernier de sa catégorie à voler, il avait accumulé 4 612 heures de vol avec l'EAN, dépassant la durée de service prévue pour ses moteurs et épuisant son stock de pièces détachées. Il a été remplacé par un Convair 580 qui reçoit actuellement un équipement complet en vue d'une large gamme de projets, au nombre desquels figurent des travaux avec les derniers modèles de magnétomètres et des recherches sur la navigation. Le North Star est devenu une relique historique mais le programme de recherche dont il a été le nerf moteur se poursuit. □

Texte français: **Claude Devismes**

The space shuttle's manipulator arm — At the edge of technology

The Space Shuttle, a squat rocket-cum-glider capable of shuttling to and from near-earth orbit, is being developed by the U.S. National Aeronautics and Space Administration (NASA) with help from other nations. Canada is contributing the Remote Manipulator System — an arm which will be attached to the craft, enabling its crew to manipulate objects out in space. The challenging job of designing and building the arm is being carried out by a team led by Spar Aerospace Products Ltd. of Toronto, and directed by the NRC. It has now reached the stage at which hardware can be tested.

Science fiction becomes fact. In 1979, high above the earth's atmosphere, an astronaut will, for the first time, use a remote manipulator in space. From the flight deck of the Space Shuttle he will control the stately movement of an arm more than 15 m long, adroitly grasping and jockeying satellites as big and heavy as a bus.

This futuristic device, now being built in Canada, will resemble the human arm and hand in form as well as in function. It will be hinged inside the spacecraft's cargo bay at a shoulder joint, divided into two sections at an elbow joint, each about the length of a telephone pole, and terminated by a "hand" moving in a wrist joint and capable of grasping.

Dissecting the arm to expose its components would reveal more of its analogy to the human body. The arm will have a skin — a coat of metal and plastic films to protect it from the temperature extremes of space; muscles — sophisticated electric motors and gear trains; and an eye — a television camera mounted on its wrist. Like nerves, a network of wires will spread through the arm, and like the brain, a computer will process the signals pulsing through the network, translating the commands of the operator into coordinated movements of the whole system.

After surviving the severe buffeting of a rocket launch, the arm has to work reliably and accurately in an extremely hostile environment — an almost total vacuum, bathed in intense radiation, with temperatures that alternately plummet and soar. Designing within these constraints has severely taxed the collective ingenuity of hundreds of engineers and technicians.

In a carefully orchestrated process, they have refined their design from its starting point, NASA's requirements. Options have been selected following trade-off studies and computer simulations, electronic circuits spread out in so-called "breadboard" models to check their feasibility, components built, critically examined and modified, the evolving configuration of the arm constantly monitored, and its performance as an integrated system compatible with the Space Shuttle's even more complex system constantly improved.

Most of the arm's hardware now exists as engineering models — full-size performance tested prototypes. Their ability to withstand severe vibration, low pressure and extreme temperatures is being evaluated in the Department of Communications' spacecraft testing laboratory in Ottawa, where the environment of space can be simulated in special chambers.

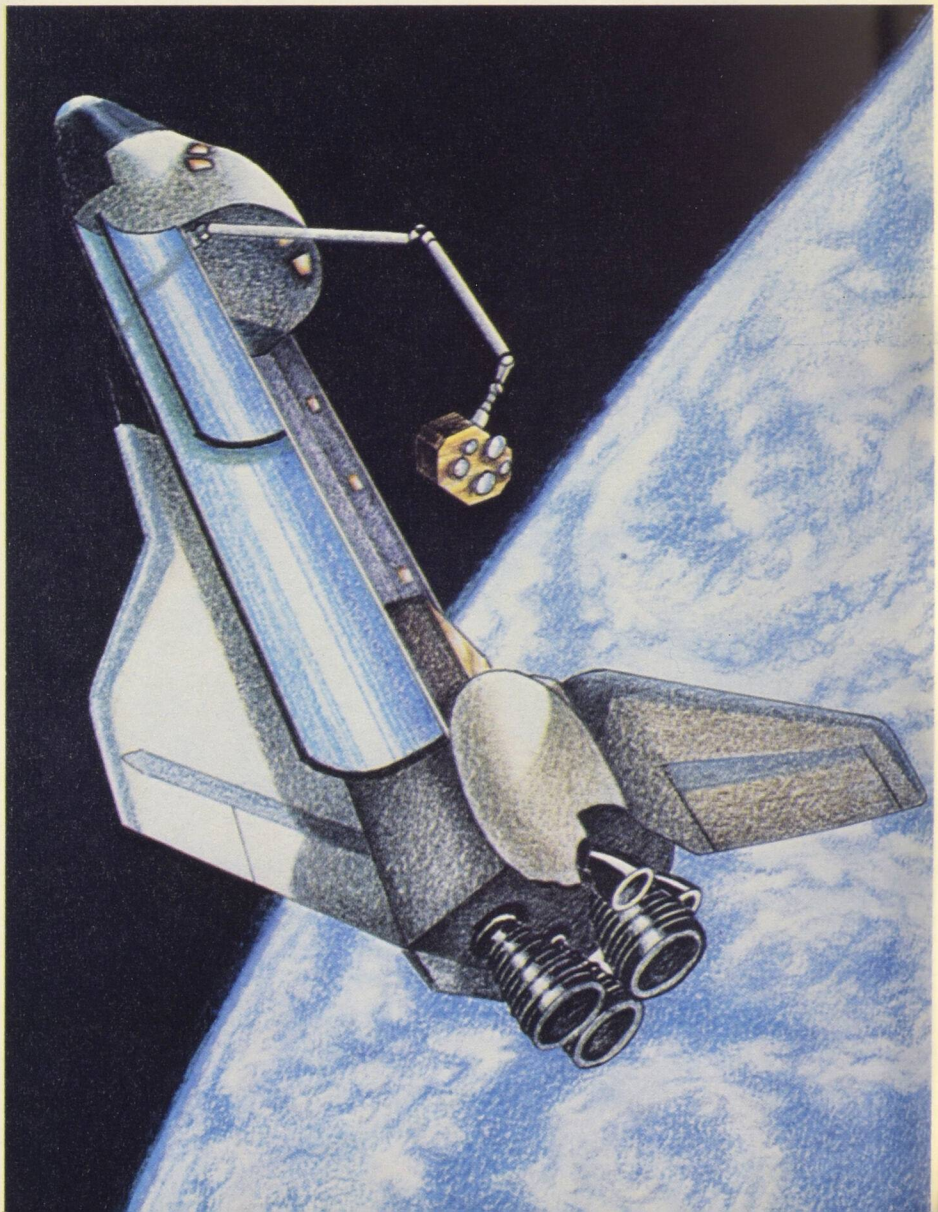
Test coordinator Geoff Garside of Spar explains: "We're trying to get a feel for the kind of beast we've built. Even though we have a lot of aerospace experience to guide us, no one has ever built or used anything quite like this before, and before we send it up we want some "hands-on" sense of how it's going to behave in space. We're down the line a fair way, and don't expect problems that surface in these tests to have severe impact on fundamental design, but you always run into unknowns when you're playing at the edge of technology." □

Séan McCutcheon

An artist's impression of the Space Shuttle using its Canadian built manipulator arm.

Représentation artistique de la navette spatiale munie du télémanipulateur construit au Canada.

John Bianchi



À la frontière de la technologie

Le télémanipulateur de la navette spatiale

La National Aeronautics and Space Administration (NASA) travaille en collaboration avec d'autres nations à la mise au point de la navette spatiale, un véhicule mi-fusée, mi-avion, pouvant faire plusieurs voyages entre la Terre et une orbite déterminée. Le Canada est responsable de fournir le système télémanipulateur constitué d'un bras qui sera greffé sur la capsule spatiale et qui permettra à l'équipage de manipuler des objets dans l'espace. Ce projet, qui comprend la conception et la construction du bras, est réalisé par la compagnie Spar Aerospace Products Ltd., de Toronto, sous la direction du CNRC. À l'heure actuelle, il est déjà possible de mettre à l'essai tous les éléments constitutifs.

La science fiction devient réalité. En 1979, bien au-delà de l'atmosphère terrestre, un astronaute utilisera pour la première fois un télémanipulateur dans l'espace. Du poste de pilotage de la navette spatiale, il pourra commander les mouvements imposants d'un bras mesurant plus de 15 m de long, saisissant et manipulant avec dextérité des satellites de la dimension et du poids d'un autobus.

Ce dispositif futuriste, actuellement en construction au Canada, ressemblera autant par sa forme que par ses fonctions à un bras humain terminé par une main. Il sera fixé à la charge utile de la capsule spatiale à l'épaule et sera composé de deux sections reliées à l'articulation du coude et ayant chacune la longueur d'un poteau télégraphique. L'ensemble sera terminé par une main opérant à l'intérieur de l'articulation du poignet et capable de saisir des objets.

En disséquant le bras on pourrait mettre à jour ses éléments constitutifs dont l'analogie avec le bras humain est encore plus frappante. Ce membre est recouvert d'une peau constituée d'une couche de plastique et d'aluminium qui le protège des variations considérables de température de l'espace; ses muscles sont des moteurs et des trains d'engrenages élaborés; une caméra de télévision montée sur son poignet lui fait office d'œil; son système nerveux est un réseau de fils qui le traverse et le relie au cerveau électronique: un ordinateur qui analyse les signaux reçus et traduit les ordres de l'opérateur en mouvements d'ensemble coordonnés.

Le bras doit non seulement résister aux fortes secousses causées par le lancement d'une fusée, mais continuer à fonctionner avec précision et fiabilité dans un environnement extrêmement hostile, tout en étant soumis à un vide presque absolu, à d'intenses rayonnements et à d'énormes écarts de température. Pour résoudre les problèmes posés par la réalisation du télémanipulateur, il a fallu faire appel à la compétence de centaines d'ingénieurs et de techniciens.

D'une façon soigneusement orchestrée, ils ont perfectionné leur modèle conforme aux exigences de la NASA. Les options ont été choisies à la suite d'études et de simulations par ordinateur; les circuits électroniques ont été testés dans des montages expérimentaux; les éléments constitutifs ont été construits, soigneusement examinés et perfectionnés; les différentes phases de la mise au point du bras ont été examinées dans leurs moindres détails et le fonctionnement de son système intégré, adapté au système encore plus complexe de la navette spatiale, a été continuellement amélioré.

Des modèles de grandeur nature de la plupart de ses éléments constitutifs existent déjà et ont été soumis aux conditions de travail qui les attendent. On étudie actuellement leur degré de résistance aux vibrations intenses, aux basses pressions et aux températures extrêmes dans un laboratoire du Ministère des Communications, à Ottawa, où l'environnement spatial peut être simulé.

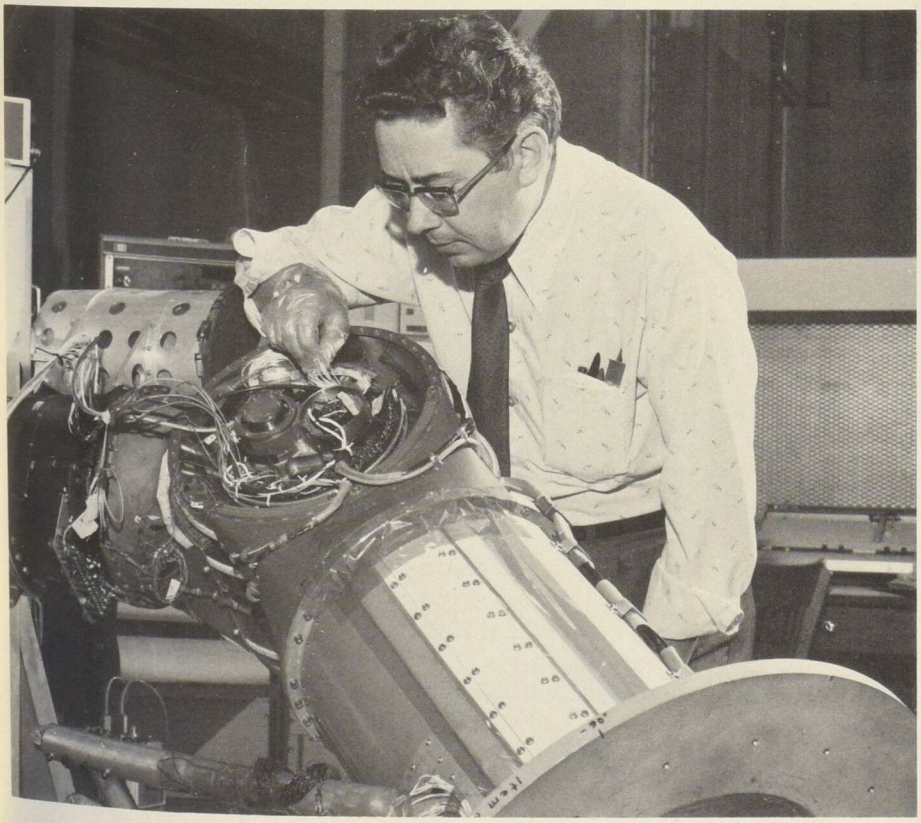
Le coordonnateur des essais, Geoff Garside de Spar, explique: «Nous essayons d'avoir une idée de la sorte de créature que nous avons fabriquée. Bien que nous ayons beaucoup d'expérience dans le domaine aérospatial, nous n'avons jamais construit ni utilisé une chose semblable, et avant de la mettre en service, nous aimerions être sûrs de son comportement dans l'espace. Mais nous avons déjà accompli la plus grande partie du travail et nous ne pensons pas que les problèmes qui puissent apparaître à la suite de ces tests aient un impact considérable sur la structure fondamentale du bras; cependant, il faut s'attendre à tout lorsqu'on travaille à la frontière de la technologie.» □

Texte français: **Annie Hlavats**

Geoff Garside prepares a prototype shoulder joint for tests of its ability to function in the hostile environment of space.

Geoff Garside avec le prototype de l'articulation de l'épaule qu'on étudie en laboratoire afin de déterminer son comportement dans l'environnement hostile de l'espace.

Spar Aerospace Products Ltd.



INDEX/ARTICLES 1977

Aerodynamics
Streamlining truck design: foiling the wind — 9:2, pp. 12, 14

Aérodynamique
Des camions aérodynamiques. Comment économiser plus d'essence. 9:2, p. 13-15

Agriculture
Field peas: protein by the package — 9:4, pp. 4, 6
Les pois des champs. Des protéines à la livre. 9:4, p. 5, 7
The story of rapeseed: a crop "developed" by science — 9:4, p. 12
Un dossier du colza. Une plante «mise au point» par les scientifiques. 9:4, p. 13
Monitoring a dairy disease: early detection means more milk — 9:4 p. 16
Pour accroître la production laitière. Dépistage précoce de la mastite. 9:4, p. 17
The food technology section: detective in disguise — 9:4, pp. 18, 20, 22
Recherche alimentaire. Une prise en filature. 9:4, p. 19, 21, 23
Maritime sheep farming: a problem of growth — 9:4, p. 28
L'élevage des moutons dans les Maritimes. Un problème de croissance. 9:4, p. 29
New plant gene pools: sex no longer a problem — 9:4, p. 32
Élimination des barrières sexuelles. Pour enrichir le patrimoine phytogénétique. 9:4, p. 33
Somatic cell culture: the shape of plants to come — 9:4, p. 34
La culture de cellules somatiques. Les plantes de l'avenir. 9:4, p. 35
Photosynthesis: life's energy pipeline — 9:4 pp. 36, 38
La photosynthèse. Un processus vital. 9:4 p. 37, 39

AGRIM
AGRIM: Maritime metallurgists get together — 9:5 pp. 4, 6
Recherche en sidérurgie dans les Maritimes. L'union fait la force. 9:5, pp. 7, 9

Air Cushion Technology
Air cushion vehicles: new "lift" for icebreakers — 9:6, pp. 16, 18

Algues marines
Les algues marines. On cultivera la mer. 9:4, p. 9, 11

Analyses minérales
La prospection neutronique. On découvre des trésors enfouis. 9:1, p. 17, 19

Annihilation positronique
L'annihilation positronique. Détruire pour construire. 9:1, p. 25, 27

Astronomie
L'observatoire d'Hawaii. Nouvelle fenêtre sur l'univers. 9:1, pp. 9, 11
Progrès en radioastronomie. Hermès, relais spatial. 9:2, p. 11
61 Cygni A. Êtes-vous seule? 9:3, pp. 19, 21
Les secrets du système solaire. La naissance des planètes. 9:3, p. 19, 21
Les trous noirs. Nouveau mystère cosmique. 9:3, p. 29, 31
HC_7N: un champion. Couronnement d'un poids lourd interstellaire. 9:5, pp. 25, 27
La météorite d'Innisfree. Un cadeau tombé du ciel. 9:6, p. 5

Astronomy
Canada's new Hawaiian aerie: anatomy of a telescope — 9:1, pp. 8, 10
Signals from space join signals from space — 9:2, p. 10
The invisible companion: is that star in Cygnus alone? 9:2, pp. 18, 20
Solar family secrets: the mystery of planetary birth — 9:3, pp. 18, 20
Black holes: where physical law ends — 9:3, pp. 28, 30
HC_7N a winner: interstellar heavyweight crowned — 9:5, pp. 24, 26
Innisfree meteorite: winter windfall — 9:6, p. 4

Astrophysics
The sands of Mars: moisture in a radio message — 9:1, pp. 4, 6
The invisible companion: is that star in Cygnus alone? 9:1, pp. 18, 20
HC_7N a winner: interstellar heavyweight crowned — 9:5, pp. 24, 26

Astrophysique
La planète rouge. Un monde sans eau? 9:1, pp. 5, 7
61 Cygni A. Êtes-vous seule? 9:1, p. 19, 21
HC_7N: un champion. Couronnement d'un poids lourd interstellaire. 9:5, pp. 25, 27

Atlantic Regional Laboratory
The Atlantic Regional Laboratory: a quarter century of research — 9:5, pp. 12-19

Aquiculture
Les algues marines. On cultivera la mer. 9:4, p. 9, 11

Aviation
Sir Frank Whittle: jet engine pioneer — 9:1, p. 2
Sir Frank Whittle: Père du turboréacteur. 9:1, p. 3
Birds versus aircraft: the bird strike hazard — 9:3, pp. 4, 6
Ailes de chair contre ailes de fer. Le péril aviaire en aviation. 9:3, p. 5, 7
Veteran research aircraft: The North Star — 9:6, pp. 20, 22
Un vieux laboratoire volant. Le North Star. 9:6, pp. 21, 23

Bird Hazards to Aircraft:
Birds versus aircraft: the bird strike hazard. 9:3, pp. 4, 6

Biochemistry
Genetic engineering: synthesis is the safe way — 9:1, pp. 20, 22

Biochimie
Manipulation génétique. La sécurité est dans la synthèse. 9:1, p. 21, 23

Biologie marine
La tortue à sang chaud. Un estivant friand de méduses. 9:2, p. 17

Black Holes
Black holes: where physical law ends — 9:3, pp. 28, 30

Building Research
Tunnelling: exploring the subsurface — 9:3, pp. 12, 14

Cell Culturing
Somatic cell culture: the shape of plants to come — 9:4, p. 34

Cell Fusion
New plant gene pools: sex no longer a problem — 9:4, p. 32

Cloud Seeding
Cloud seeding: taking science into the sky — 9:3, pp. 22, 24, 26

Colza
Un dossier du colza. Une plante «mise au point» par les scientifiques. 9:4, p. 13

Comités
Les tremblements de terre. Face à la tempête sismique. 9:2, p. 5, 7, 9
Ailes de chair contre ailes de fer. Le péril aviaire en aviation. 9:3, p. 5, 7

Committees
Earthquakes: coping with the seismic storm — 9:2, pp. 4, 6, 8
Birds versus aircraft: the bird strike hazard — 9:3, pp. 4, 6

Communications
Surface acoustic waves: electronics on the tip of your finger — 9:5, pp. 20, 22
Les ondes acoustiques de surface. L'électronique de demain. 9:5, pp. 21, 23

Cosmonaut
Canada from the ground: Russian spaceman visits NRC — 9:2, p. 2

Cosmonaute
Nouvelle vue du Canada. Visite d'un cosmonaute. 9:2, p. 3

Computers
Hiding hidden lines: Computer graphics — 9:3, p. 16

Création de médicaments
Le remède moléculaire. Nouveaux horizons en pharmacie. 9:1, pp. 13, 15

Culture de cellules
La culture de cellules somatiques. Les plantes de l'avenir. 9:4, p. 35

Cyclotron
Success in shattered atoms: the TRIUMF cyclotron — 9:3, p. 8, 10
Une désintégration constructive. Le cyclotron TRIUMF. 9:3, p. 9, 11

Dépérissement
L'élevage des moutons dans les Maritimes. Un problème de croissance. 9:4, p. 29

Doppler Effect
The invisible companion: is that star in Cygnus alone? 9:2, pp. 18, 20

Drug Design
Molecular medicine: designs in drug research — 9:1, pp. 12, 14

Dynamique marine
Forages à l'année longue dans la mer Beaufort. Le monocône est-il la solution? 9:1, p. 29, 31

Earthquakes
Earthquakes: coping with the seismic storm — 9:2, pp. 4, 6, 8

Effect Doppler
61 Cygni A. Êtes-vous seule? 9:2, p. 19, 21

Electronic Music
Hugh LeCaine: portrait of a scientist/musician — 9:6, pp. 12, 14

Electronics
Surface acoustic waves: electronics on the tip of your finger — 9:5, pp. 20, 22

Électronique
Les ondes acoustiques de surface. L'électronique de demain. — 9:5, pp. 21, 23

Élevage des moutons
L'élevage des moutons dans les Maritimes. Un problème de croissance. 9:4, p. 29

Énergie
Forages à l'année longue dans la mer de Beaufort. Le monocône est-il la solution? 9:1, p. 29, 31
Des camions aérodynamiques. Comment économiser plus d'essence. 9:2, p. 13, 15
Vive la chaleur. Faisons travailler les thermosiphons. 9:2, p. 27, 29, 31
Face au vent du large. L'éolienne de l'avenir. 9:3, p. 3
Le programmateur de la température. Une fausse alarme au thermostat. 9:6, p. 7

Energy
Year-round drilling in the Beaufort Sea: is the monocone the solution? — 9:1, pp. 28, 30
Streamlining truck design: foiling the wind — 9:2, pp. 12, 14
Up with heat: putting thermosiphons to work — 9:2, pp. 26, 28, 30
Just erected: unique windmill — 9:3, p. 2
Home temperature timer: thermostatic give-and-take 9:6, p. 6

Ensemencement des nuages
L'ensemencement des nuages. La science dans les nues. 9:3, p. 23, 25, 27

Environnement
L'ensemencement des nuages. La science dans les nues. 9:3, p. 23, 25, 27
La chimie de la séduction. Les phérormones des insectes. 9:4, p. 25, 27
Recherches en pâtes et papiers à l'UQTR. Un coup de main à une industrie en difficulté. 9:5, pp. 5, 7

Environment
Cloud seeding: taking science into the sky — 9:3, pp. 22, 24, 26
The chemistry of attraction: insect pheromones at work — 9:4, pp. 24, 26
Pulp and paper research at UQTR: relief for an embattled industry — 9:5, pp. 4, 6

Étoiles
61 Cygni A. Êtes-vous seule? 9:2, pp. 19,.21
Les trous noirs. Nouveau mystère cosmique. 9:3, p. 29, 31

Exploration des planètes
Nouvelle vue du Canada. Visite d'un cosmonaute. 9:2, p. 3
Les secrets du système solaire. La naissance des planètes. 9:3, p. 19, 21
Le télémanipulateur de la navette spatiale. À la frontière de la technologie. 9:6, p. 25

Field Peas
Field peas: protein by the package — 9:4, pp. 4, 6

Fixation de l'azote
La photosynthèse. Un processus vital. 9:4, p. 37, 39

Food Research
Field peas: protein by the package — 9:4, pp. 4, 6
Mariculture: cultivating the crops of the sea — 9:4, pp. 8, 9
The story of rapeseed: a crop "developed" by science — 9:4, p. 12
Sugar extraction: a sweetener for industry — 9:4, p. 14
Monitoring a dairy disease: early detection means more milk — 9:4, p. 16
The food technology section: detective in disguise — 9:4, pp. 18, 20, 22
Maritime sheep farming: a problem of growth — 9:4, p. 28

INDEX/ARTICLES 1977

Industrial food research: thwarting bacterial growth — 9:4, p. 30
New plant gene pools: sex no longer a problem — 9:4, p. 32
Somatic cell culture: the shape of plants to come — 9:4, p. 34
Photosynthesis: life's energy pipeline — 9:4, pp. 36, 38

Forage des tunnels
Nouvelle taupe mécanique. Le sous-sol à la fouille. 9:3 p. 13, 15

Formation des planètes
Les secrets du système solaire. La naissance des planètes. 9:3, p. 19, 21

Fusion cellulaire
Élimination des barrières sexuelles. Pour enrichir le patrimoine phytogénétique. 9:4, p. 33

Gène opérateur
Manipulation génétique. La sécurité est dans la synthèse. 9:1, p. 21, 23

Génie mécanique
Forages à l'année longue dans la mer de Beaufort. Le monocône est-il la solution? 9:1, p. 29, 31
Vive la chaleur. Faisons travailler les thermosiphons. 9:2, p. 27, 29, 31

Génie médical
Nouvel incubateur: c'est pour la vie. 9:2, p. 23, 25

Génie moléculaire
Manipulation génétique. La sécurité est dans la synthèse. 9:1, p. 21, 23

Genetic Engineering
Genetic engineering: synthesis is the safe way — 9:1, pp. 20, 22

Géologie
La prospection neutronique. On découvre des trésors enfouis. 9:1, p. 17, 19
Les secrets du système solaire. La naissance des planètes. 9:3, p. 19, 21

Geology
Neutrons may provide the map: nature's buried treasure — 9:1, pp. 16, 18
Solar family secrets: the mystery of planetary birth — 9:3, pp. 18, 20

Graphics (Computer)
Hiding hidden lines: Computer graphics — 9:3, p. 16

Graphiques (par ordinateur)
L'infographie et l'animation. Une meilleure perception. 9:3, p. 17

Guildline
Guildline Instruments: a Canadian success story — 9:5, pp. 8, 10
Le matériel Guildline. Une réussite canadienne. 9:5, pp. 9, 11

HC_7N
HC_7N a winner: interstellar heavyweight crowned — 9:5, pp. 24, 26
HC_7N: un champion. Couronnement d'un poids lourd interstellaire. 9:5, pp. 25, 27

Hydraulics
Episodic waves: freak threat of the seas — 9:6, pp. 8, 10

Hydraulique
Les supervagues. Une étrange menace sur les mers. 9:6, pp. 9, 11

Ill-thrift
Maritime sheep farming: a problem of growth — 9:4, p. 28

Industrial Research Assistance Program (IRAP)
Monitoring a dairy disease: early detection means more milk — 9:4, p. 16

Industrie
Le matériel Guildline. Une réussite canadienne. 9:5, pp. 9, 11
Recherche en sidérurgie dans les Maritimes. L'union fait la force. 9:5, p.
Recherches en pâtes et papiers à l'UQTR. Un coup de main à une industrie en difficulté. 9:5, pp. 29, 31
L'extraction du sucre. Un stimulant pour l'industrie. 9:4, p. 15
Recherche alimentaire industrielle. Guerre aux bactéries pathogènes. 9:4, p. 31

Industry
Sugar extraction: a sweetener for industry — 9:4, p. 14
Industrial food research: thwarting bacterial growth — 9:4, p. 30
Guildline Instruments: a Canadian success story — 9:5, pp. 8, 10
AGRIM: Maritime metallurgists get together — 9:5, pp. 4, 6
Pulp and paper research at UQTR: relief for an embattled industry — 9:5, pp. 28, 30

Insect Pheromones
The chemistry of attraction: insect pheromones at work — 9:4, pp. 24, 26

Irish Moss
Mariculture: cultivating the crops of the sea — 9:4, pp. 8, 10

Laboratoire régional de l'Atlantique
Le laboratoire régional de l'Atlantique. Un quart de siècle de recherche. 9:5, pp. 13-19

LeCaine, Hugh
Hugh LeCaine: portrait of a scientist/musician — 9:6, pp. 12, 14
Hugh LeCaine: portrait d'un scientifique/musicien. 9:6, pp. 13, 15

Lovell
Sir Bernard Lovell: exploring the universe — 9:6, p. 2
Sir Bernard Lovell: l'exploration de l'univers — 9:6, p. 3

Manipulation génétique
Manipulation génétique. La sécurité est dans la synthèse. 9:1, p. 21, 23

Mariculture
Mariculture: cultivating the crops of the sea — 9:4, pp. 8, 10

Marine algae
Mariculture: cultivating the crops of the sea — 9:4, pp. 8, 10

Marine Biology
The warm turtle: a marine voyager — 9:2, p. 16

Marine Dynamics
Year-round drilling in the Beaufort Sea: is the monocone the solution? 9:1, pp. 28, 30

Mars
The sands of Mars: moisture in a radio message — 9:1, pp. 4, 6
La planète rouge. Un monde sans eau? 9:1, p. 5, 7

Martian Hotspot
The sands of Mars: moisture in a radio message — 9:1, pp. 4, 6

Mastite
Pour accroître la production laitière. Dépistage précoce de la mastite. 9:4, p. 17

Mastitis
Monitoring a dairy disease: early detection means more milk — 9:4, p. 16

Mechanical Engineering
Year-round drilling in the Beaufort sea: is the monocone the solution? 9:1, pp. 28, 30
Up with heat: putting thermosiphons to work — 9:2, pp. 26, 28, 30

Medical Engineering
Novel incubator features: cradle of life — 9:2, pp. 22, 24

Médicine moléculaire
Le remède moléculaire. Nouveaux horizons en pharmacie. 9:1, p. 13, 15

Mesons
Success in shattered atoms: the TRIUMF cyclotron — 9:3, pp. 8, 10

Mésons
Une désintégration constructive. Le cyclotron TRIUMF. 9:1, p. 9, 11

Métallurgie
Recherche en sidérurgie dans les Maritimes. L'union fait la force. 9:5, pp. 5, 7

Metallurgy
AGRIM: Maritime metallurgists get together — 9:5, pp. 4, 6

Metals and Alloys
Position annihilation: destruction to design — 9:1, pp. 24, 26

Métaux et alliages
L'annihilation positronique. Détruire pour construire. 9:1, p. 25, 27

Meteorite
Innisfree meteorite: winter windfall — 9:6, p. 4

Météorite
La météorite d'Innisfree. Un cadeau tombé du ciel. 9:6, p. 5

Microbiologie
L'élevage des moutons dans les Maritimes. Un problème de croissance. 9:4, p. 29

Microbiology
Maritime sheep farming: a problem of growth — 9:4, p. 28

Microorganisms
Industrial food research: thwarting bacterial growth — 9:4, p. 30

Micro-organismes
Recherche alimentaire industrielle. Guerre aux bactéries pathogènes. 9:4, p. 31

Mineral Analysis
Neutrons may provide the map: nature's buried treasure — 9:1, pp. 16, 18

Molecular Engineering
Genetic engineering: synthesis is the safe way — 9:1, pp. 20, 22

Molecular Medicine
Molecular medicine: designs in drug research — 9:1, pp. 12, 14

Monocone
Year-round drilling in the Beaufort Sea: is the monocone the solution? 9:1, pp. 28, 30

Monocône
Forages à l'année longue dans le mer de Beaufort. Le monocône est-il la solution? 9:1, p. 29, 31

Mousse irlandaise
Les algues marines. On cultivera la mer. 9:4, pp. 9, 11

Musique électronique
Hugh LeCaine: portrait d'un scientifique/musicien. 9:6, pp. 13, 15

Nitrogen Fixation
Photosynthesis: life's energy pipeline — 9:4, pp. 36, 38

North Star
Veteran research aircraft: the North Star — 9:6, pp. 20, 22
Un vieux laboratoire volant. Le North Star. 9:6, pp. 21, 23

Nuclear Physics
Success in shattered atoms: the TRIUMF cyclotron — 9:3, pp. 8, 10

NMR Spectroscopy
Molecular medicine: designs in drug design — 9:1, pp. 12, 14

Ondes acoustiques de surface
Les ondes acoustiques de surface. L'électronique de demain. 9:5, pp. 21, 23

Operator Gene
Genetic engineering: synthesis is the safe way — 9:1, pp. 20, 22

Ordinateurs
L'infographie et l'animation. Une meilleure perception. 9:3, p. 17

Péril aviaire en aviation
Ailes de chair contre ailes de fer. Le péril aviaire en aviation. 9:3, p. 5, 7

Phérormones des insectes
La chimie de la séduction. Les phérormones des insectes. 9:4, p. 25, 27

Physics
Positron annihilation: destruction to design — 9:6, pp. 24, 26

Physique
L'annihilation positronique. Détruire pour construire. 9:1, p. 25, 27

Physique nucléaire
Une désintégration constructive. Le cyclotron TRIUMF. 9:3, p. 9, 11

Photosynthèse
La photosynthèse. Un processus vital. 9:4, p. 37, 39

Photosynthesis
Photosynthesis: life's energy pipeline. 9:4, pp. 36, 38

Phytogénétique
Élimination des barrières sexuelles. Pour enrichir le patrimoine phytogénétique. 9:4, pp. 33
La culture de cellules somatiques. Les plantes de l'avenir. 9:4, p. 35

Phytogénétique
La photosynthèse. Un processus vital. 9:4, pp. 37, 39

Planetary Exploration
Canada from the ground: Russian spaceman visits NRC — 9:2, p. 2
Solar family secrets: the mystery of planetary birth — 9:3, pp. 18, 20
At the edge of technology: the space shuttle's manipulator arm — 9:6, p. 24

Plant Breeding
New plant gene pools: sex no longer a problem — 9:4, p. 32

INDEX/ARTICLES 1977

Somatic cell culture: the shape of plants to come — 9:4, p. 34
Photosynthesis: life's energy pipeline — 9:4, pp. 35, 38

Planetary Evolution
Solar family secrets: the mystery of planetary birth — 9:3, pp. 18, 20

Pois des champs
Les pois des champs. Des protéines à la livre. 9:4, pp. 5, 7

Point chaud sur Mars
La planète rouge. Un monde sans eau? 9:1, p. 5, 7

Positron annihilation
Positron annihilation: destruction to design — 9:1, pp. 24, 26

Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI)
Pour accroître la production laitière. Dépistage précoce de la mastite. 9:4, p. 17

Programmateur de la température
Le programmateur de la température. Une fausse alarme au thermostat. 9:6, p. 7

Pulp and paper
Pulp and paper research at UQTR: relief for an embattled industry — 9:5, pp. 28, 30

Radioastronomie
La planète rouge. Un monde sans eau? 9:1, p. 5, 7
Progrès en radioastronomie. Hermès, relais spatial. 9:2, p. 11
M. Grote Reber. Un des pionniers de la radioastronomie. 9:5, p. 3

Radio Astronomy
The sands of Mars: moisture in a radio message — 9:1, pp. 4, 6
Signals from space join signals from space — 9:2, p. 10
Grote Reber: early radio astronomer — 9:5, p. 2

Rapeseed
The story of rapeseed: a crop "developed" by science — 9:4, p. 12

Reber (Grote)
Grote Reber: early radio astronomer — 9:5, p. 2
M. Grote Reber. Un des pionniers de la radioastronomie. 9:5, p. 3

Recherche alimentaire
Les pois des champs. Des protéines à la livre. 9:4, p. 5, 7
Les algues marines. On cultivera la mer. 9:4, p. 9, 11
Le dossier du colza. Une plante «mise au point» par les scientifiques. 9:4, p. 13
L'extraction du sucre. Un stimulant pour l'industrie. 9:4, p. 15
Pour accroître la production laitière. Dépistage précoce de la mastite. 9:4, p. 17
Recherche alimentaire. Une prise en filature. 9:4, p. 19, 21, 23
L'élevage des moutons dans les Maritimes. Un problème de croissance. 9:4, p. 29
Recherche alimentaire industrielle. Guerre aux bactéries pathogènes. 9:4, p. 31
Élimination des barrières sexuelles. Pour enrichir le patrimoine phytogénétique. 9:4, p. 33
La culture de cellules somatiques. Les plantes de l'avenir. 9:4, p. 35
La photosynthèse. Un processus vital. 9:4, p. 37, 39

Recherches en bâtiment
Nouvelle taupe mécanique. Le sous-sol à la fouille. 9:3, p. 13, 15

Recherche en pâtes et papiers
Recherche en pâtes et papiers à l'UQTR. Un coup de main à une industrie en difficulté. 9:5, pp. 29, 31

Recherche spatiale
Progrès en radioastronomie. Hermès, relais spatial. 9:2, p. 11

Remote Manipulator
At the edge of technology: the space shuttle's manipulator arm — 9:6, p. 24

Satellite
Signals from space join signals from space — 9:2, p. 10
Progrès en radioastronomie. Hermès, relais spatial. 9:2, p. 11

Séismologie
Les tremblements de terre. Face à la tempête sismique. 9:2, p. 5, 7, 9

Seismology
Earthquakes: coping with the seismic storm — 9:2, pp. 4, 6, 8

Sheep Farming
Maritime sheep farming: a problem of growth — 9:4, p. 28

Sidérurgie
Recherche en sidérurie dans les Maritimes. L'union fait la force. 9:5, pp. 5, 7

Space Research
Signals from space join signals from space — 9:2, p. 10

Spectroscopie
HC_7N: un champion. Couronnement d'un poids lourd interstellaire. 9:5, pp. 25, 27

Spectroscopie RMN
Le remède moléculaire. Nouveaux horizons en pharmacie. 9:1, p. 13, 15

Spectroscopy
HC_7N a winner: interstellar heavyweight crowned — 9:5, pp. 24, 26

Stars
The invisible companion: is that star in Cygnus alone? 9:2, pp. 18, 20
Black holes: where physical law ends — 9:3, pp. 28, 30

Steelmaking
AGRIM: Maritime metallurgists get together — 9:5, pp. 4, 6

Surface Acoustic Waves
Surface acoustic waves: electronics on the tip of your finger — 9:5, pp. 20, 22

Technique des coussins d'air
Les véhicules à coussins d'air. Des brise-glace nouvelle vague. 9:6, pp. 9, 11

Telescopes
Canada's new Hawaiian aerie: anatomy of a telescope — 9:1, pp. 8, 10
Signals from space join signals from space — 9:2, p. 10

Télescopes
L'observatoire d'Hawaii. Nouvelle fenêtre sur l'univers. 9:1, p. 9, 11
Progrès en radioastronomie. Hermès, relais spatial. 9:2, p. 11

Télémanipulateur de la navette spatiale.
À la frontière de la technologie. Le télémanipulateur de la navette spatiale. 9:6, p. 25

Thermosiphons
Up with heat: putting thermosiphons to work — 9:2, pp. 26, 28, 30

Vive la chaleur. Faisons travailler les thermosiphons. 9:2, p. 27, 29, 31

Thermostat Timer

Home temperature timer: thermostatic give-and-take — 9:6, p. 6

Transportation

Sir Frank Whittle: jet engine pioneer — 9:1, p. 2

Birds versus aircraft: the bird strike hazard — 9:3, pp. 4, 6

Air cushion vehicles: new "lift" for icebreakers — 9:6, pp. 16, 18

Transports

Sir Frank Whittle. Père du turboréacteur, 9:1, p. 3

Ailes de chair contre ailes de fer. Le péril aviaire en aviation. 9:3, p. 5, 7

Les véhicules à coussins d'air. Des brise-glace nouvelle vague. 9:6, p. 17, 19

Tremblements de terre

Les tremblements de terre. Face à la tempête sismique. 9:2, p. 5, 7, 9

TRIUMF

Success in shattered atoms: the TRIUMF cyclotron — 9:3, pp. 8, 10

Une désintégration constructive. Le cyclotron TRIUMF. 9:3, p. 9, 11

Trous noirs

Les trous noirs. Nouveau mystère cosmique. 9:3, p. 29, 31

Tunnelling

Tunnelling: exploring the subsurface — 9:3, pp. 12, 14

Universities

Neutrons may provide the map: nature's buried treasure — 9:1, pp. 16, 18

Position annihilation: destruction to design — 9:1, pp. 24, 26

The warm turtle: a marine voyager — 9:2, p. 16

Success in shattered atoms: the TRIUMF cyclotron — 9:3, pp. 8, 10

Solar family secrets: the mystery of planetary birth — 9:3, pp. 18, 20

Black holes: where physical law ends — 9:3, pp. 28, 30

Pulp and paper research at UQTR: relief for an embattled industry — 9:5, pp. 28, 30

Universités

La prospection neutronique. On découvre les trésors enfouis. 9:1, p. 17, 19

L'annihilation positronique. Détruire pour construire. 9:1, p. 25, 27

La tortue à sang chaud. Un estivant friand de méduses. 9:2, p. 17

Une désintégration constructive. Le cyclotron TRIUMF. 9:3, p. 9, 11

Les secrets du système solaire. La naissance des planètes. 9:3, p. 19, 21

Les trous noirs. Nouveau mystère cosmique. 9:3, p. 29, 31

Recherches en pâtes et papiers à l'UQTR. Un coup de main à une industrie en difficulté. 9:5, pp. 29, 31

Vagues

Les supervagues. Une étrange menace sur les mers. 9:6, pp. 9, 11

Waves

Episodic Waves: freak threat of the seas — 9:6, pp. 8, 10

Whittle

Sir Frank Whittle: jet engine engine pioneer — 9:1, p. 2

Sir Frank Whittle: Père du turboréacteur. 9:1, p. 3

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

Postes Canada — Canada Post — NRC CNRC

National Research Council Canada
Conseil national de recherches Canada

OTTAWA
CANADA
K1A 0R6

Public Information - Information publique

ADDRESS CHANGE 1977/6 CHANGEMENT D'ADRESSE

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

NAME - NOM

TITLE - TITRE

ORGANIZATION - ORGANISME

STREET - RUE

CITY - VILLE

PROVINCE — POSTAL CODE POSTAL — COUNTRY - PAYS

FASTEN HERE - SCELLER ICI

IN MEMORIAM

DR. G. MALCOLM BROWN, 1916-1977 — Dr. Brown, who died earlier this year, was President of the Medical Research Council from 1965 until his death. Born in Campbellford, Ontario, he obtained his M.D. at the age of 21 from Queen's University at Kingston, Ontario, an institution which later appointed him Professor of Medicine.

The cure of disease remained Dr. Brown's lifelong concern, a vocation which he felt could be best served through medical research.

The "G. Malcolm Brown Memorial Fund" has been established by his friends and family for the advancement of research in the health sciences. It is probable that the Fund will administer an annual lectureship in his memory.

JOHN SUTCLIFFE, 1920-1977 — The deaths in a plane crash of Jack Sutcliffe and Donald Martin, president and vice-president respectively of Guildline Instruments Ltd., were keenly felt at the National Research Council (Science Dimension #5, 1977, carried a story on Mr. Sutcliffe and Guildline). More than 20 years of effective technology transfer from NRC to Guildline Instruments has substantially been Sutcliffe's creation and personal responsibility.

Mr. Sutcliffe, who graduated in the early fifties from the Imperial College, London, with a B.Sc. in electrical engineering, was recently appointed a member of Council at NRC, and his demonstrated abilities on the executive committee will be missed.

IN MEMORIAM

DR G. MALCOLM BROWN (1916-1977) — Le Dr Brown, décédé en mai, était le président du Conseil de recherches médicales depuis 1965. Natif de Campbellford, Ontario, il avait 21 ans lorsque l'Université Queen's lui a remis un doctorat en médecine, discipline qu'il y enseigna par la suite.

Sa vocation, guérir, l'a animé sa vie durant, et il a toujours pensé qu'il n'existait pas de meilleur moyen que la recherche médicale pour atteindre cet objectif.

Ses amis et sa famille ont créé le «Fonds commémoratif G. Malcolm Brown» pour assurer le progrès des sciences de la santé. Il servira probablement à financer l'organisation d'une conférence annuelle pour honorer la mémoire du défunt.

JOHN SUTCLIFFE (1920-1977) — La mort, dans un accident d'avion, de John Sutcliffe et de Donald Martin, respectivement président et vice-président de Guildline Instruments, a été durement ressentie au Conseil national de recherches (on trouvera un article sur John Sutcliffe et Guildline dans le numéro 5/1977 de Science Dimension). Le mérite d'avoir créé et d'avoir su efficacement gérer pendant plus de vingt ans le transfert technologique du CNRC à Guildline Instruments revient largement à M. Sutcliffe.

Sorti de l'«Imperial College» de Londres avec un B.Sc. en génie électrique au début des années cinquante, M. Sutcliffe avait été récemment nommé Membre du Conseil et le Comité exécutif regrettera la perte d'un homme de sa compétence.

CUT - DÉCOUPEZ

National Research Council Canada
Ottawa, Canada
K1A 0R6

Conseil national de recherches Canada
Ottawa, Canada
K1A 0R6

- PLIEZ VERS L'INTÉRIEUR

FOLD IN

Canada Post / Postes Canada

Bulk Third Class / **En nombre Troisième classe**

K1A 0R6 Canada

MRS N WHITE E 021061 01
CISTI/ICIST
RM 240
M-55

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 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* pour que nous puissions extraire de l'ordinateur les données relatives à votre adresse.

CUT - DÉCOUPEZ