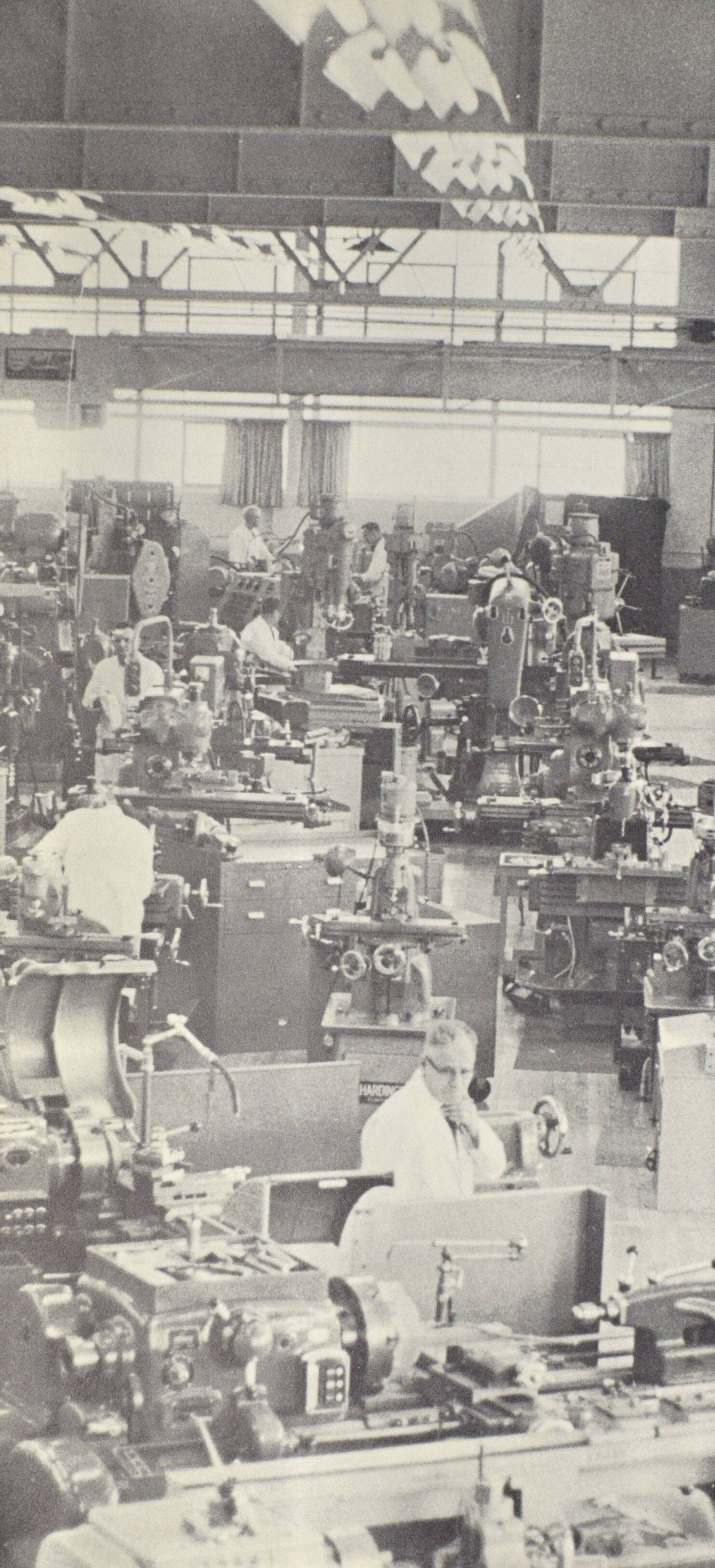


SCIENCE DIMENSION

National Research Council of Canada - Conseil national de recherches du Canada



*Volume 3 No. 1 1971
February - Février*



SCIENCE DIMENSION

VOL. 3 NO. 1, FEBRUARY 1972

Cover: Electric welding by C. A. Johnson of the sheet metal shop of NRC's Manufacturing Technology Centre. Infrared photograph by Bruce Kane, NRC.

CONTENTS

-
- 4. NRC's Manufacturing Technology Centre

 - 10. Subtle menace in hospitals

 - 16. Rebirth of Indian Harbor

 - 20. Interdisciplinary study of membranes

 - 24. Hail suppression in Alberta

 - 28. New era in transportation

Science Dimension is published six times a year by the Information Services Office of the National Research Council of Canada. Material may be reproduced with or without credit unless a copyright is indicated. Enquiries should be sent to Science Dimension, NRC, Ottawa 7, Canada. Telephone: (613) 993-9101.

Managing Editor — René Montpetit

Editor — John E. Bird

Layout-Production — Robert Rickerd

Photography — Grant Crabtree,
Bruce Kane

Writing — Georges Desternes,
Claude Devismes, Arthur Mantell,
Earl Maser, Joan Powers Rickerd

SCIENCE DIMENSION

VOL. 3 NO. 1, FEVRIER 1971

Notre couverture: Soudure électrique par C. A. Johnson, de la tôlerie du Centre de Technologie en Production industrielle du CNRC. Photographie infra-rouge de Bruce Kane, du CNRC.

SOMMAIRE

- 5. Le Centre de Technologie en Production industrielle
- 11. Attention, docteurs!
- 17. Étude d'un port en Inde
- 21. Les membranes cellulaires
- 25. La fin des gros grêlons
- 29. Les aéroglisseurs

Publiée six fois par an par l'Office des Services d'information du Conseil national de recherches du Canada. La reproduction des textes est autorisée sauf indication contraire. Prière d'adresser toute demande de renseignements à: Science Dimension, CNRC, Ottawa 7, Canada. Téléphone: (613) 993-9101.

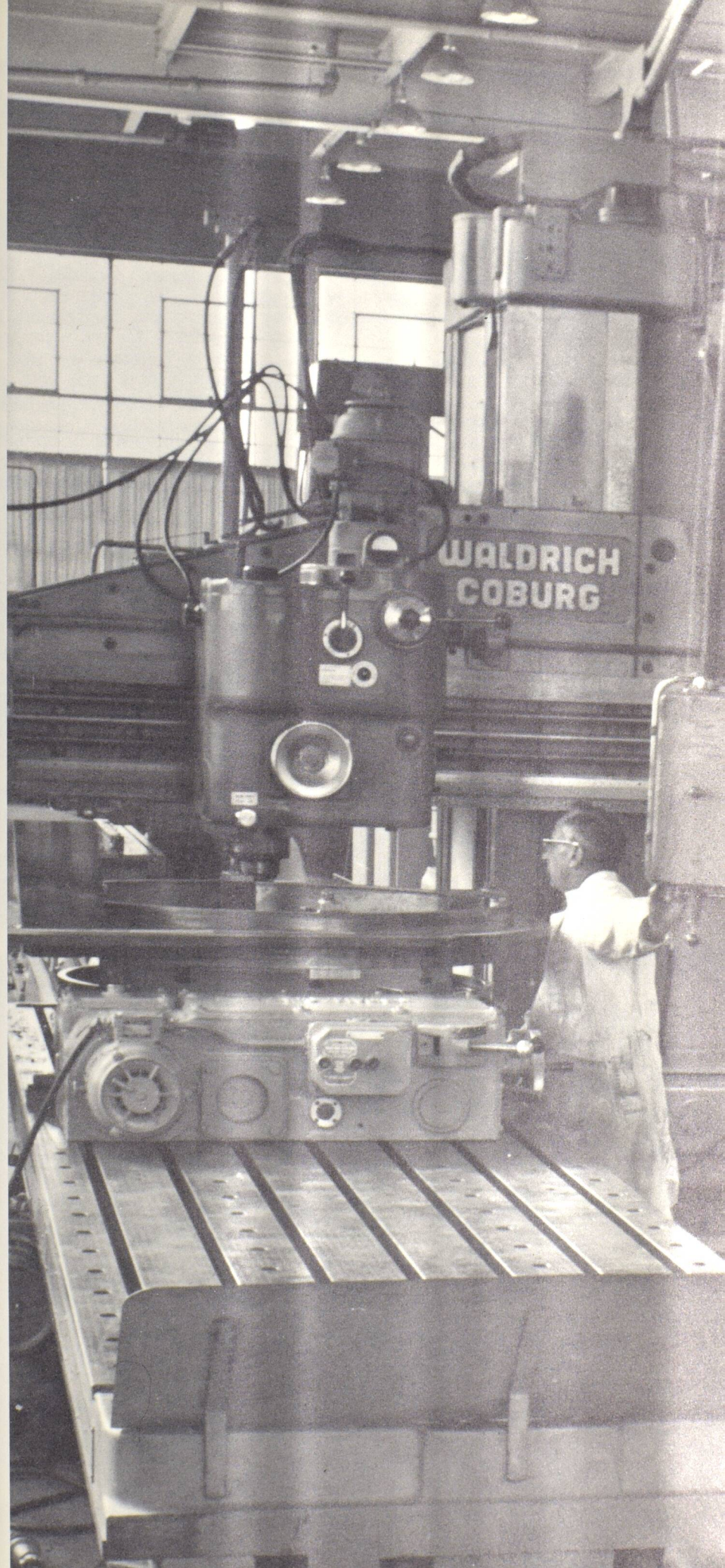
Directeur — René Montpetit

Rédacteur en chef — John E. Bird

Mise en page-Production — Robert Rickerd

Illustrations — Grant Crabtree,
Bruce Kane

Textes — Georges Desternes,
Claude Devismes, Arthur Mantell,
Earl Maser, Joan Powers Rickerd



Gearmaster to the fleet and industry!

Most of the Laboratories of the National Research Council of Canada are in Ottawa some 1,000 miles inland, and would seem, at first glance, to be a most unlikely site for a naval repair station.

Yet, when HMCS Kootenay was crippled by an engine room explosion off the south coast of England 14 months ago, the Department of National Defence ordered the damaged gearing shipped directly to NRC's Manufacturing Technology Centre for regrounding. Similarly, when the Kootenay's sister ship HMCS Fraser needed emergency repairs to her gearing system while undergoing sea trials off the coast of England in November, the vital part was flown to the MTC. The damaged gear was reground and back aboard the Fraser within a week.

MTC, which forms a part of the NRC's Division of Mechanical Engineering, has the only plant in Canada with the specialized equipment for precision gear work on destroyers such as the Kootenay and Fraser.

In 1967, the plant that had manufactured and serviced the gearing for all of Canada's post-war destroyers closed its doors. Its specialty machinery was offered for sale by auction, but critical parts of the plant were transferred to the National Research

Council for research on gearing and to ensure that the Navy would not be without repair facilities. On re-installation, the equipment was made available to the Department of National Defence for the above reasons, and also, as a unique resource, to private industry until such time as business would justify a commercial installation.

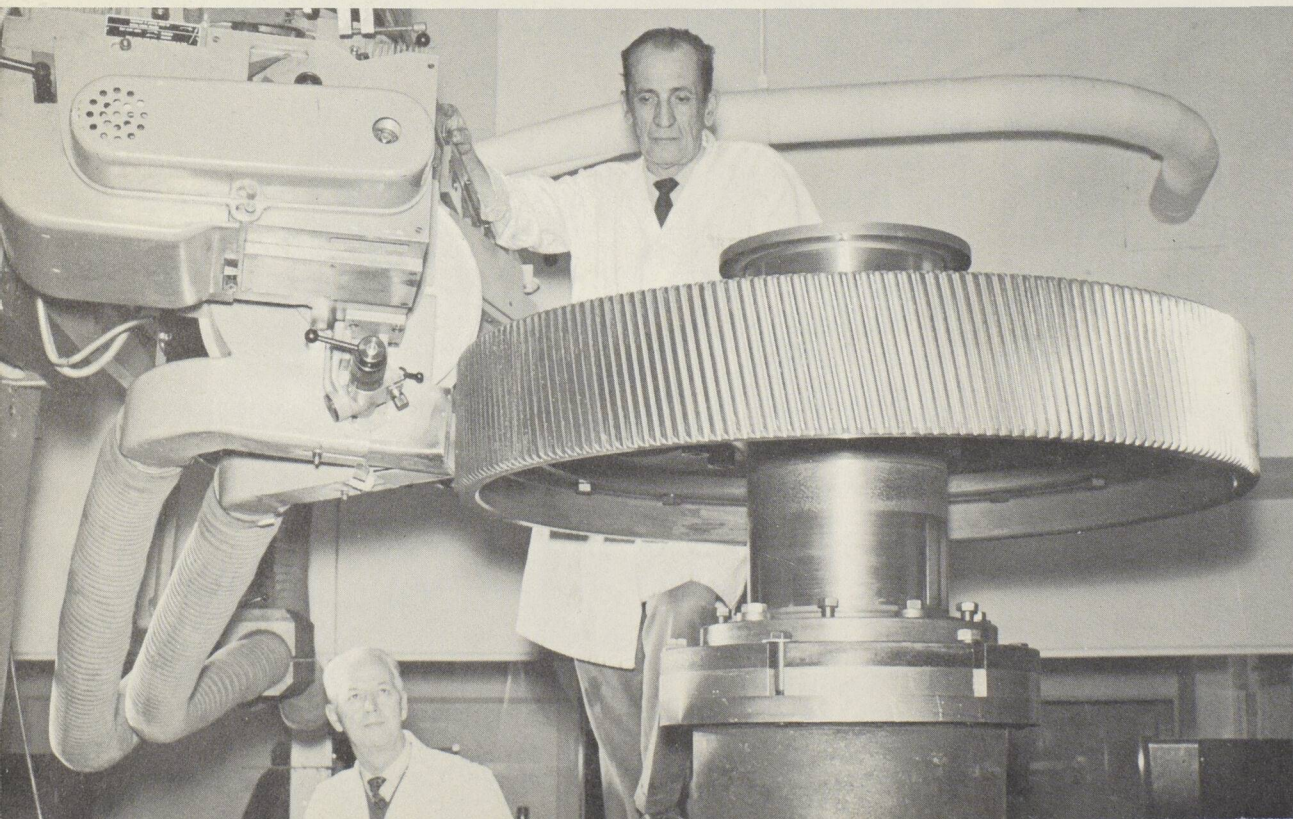
Part of the original equipment, a MAAG HSS 360 gear tooth grinder, was modified by MTC to the point that it now outperforms its original specifications and in a more convenient and economical way. Hardened gear teeth on gears to a diameter of 11 feet six inches can be ground to a very high degree of accuracy. Other changes in the grinder made it possible to deal with gears down to 35.75 inches in diameter, much smaller than originally possible. The versatility of the grinder enables it to be used in other fields such as aircraft gearing and for development of compressors and turbines.

It needs to be emphasized that, far from being in any sense a form of competition with the industrial plants of the country, these machine tools represent a precision finishing technique for special gearing manufactured in commercial shops but requiring preci-

sion not commonly commercially justifiable. Collaboration with commercial manufacturers has already proved extremely useful in the discharge of contracts running otherwise into difficulty.

Installation of the gear grinding facility also marked the start of a major expansion and updating of the Manufacturing Technology Centre that is continuing to assist the Division of Mechanical Engineering. Its 100 staff members, one-third of the personnel of the Division itself, are housed in two buildings on NRC's Montreal Road Laboratories in Ottawa. They are employed in a MTC design office, a wood-working shop, sheet metal shop, heavy machinery shop and an instrument shop. Skills range from toolmakers and pattern makers to electronic engineers, draughtsmen and designers.

Over the years these shops have produced a unique range of apparatus, such as wooden and plastic ship research models up to 26 feet in length. In metal they have come up with items as widely varied as five foot six inch diameter gears for HMCS Kootenay and a vascular suturing instrument with staples made of wire measuring a mere 0.003 inches across.



The primary gear wheel of HMCS Kootenay undergoes precision grinding of gear teeth profiles under supervision of MTC's Norman Crete.

Norman Crete surveille le meulage de précision des dents d'un engrenage essentiel du "Kootenay".

De la remise à neuf d'engrenages, à la haute précision industrielle

Le 23 octobre 1969, le "Kootenay" procédait à ses essais en mer au large de la côte sud de l'Angleterre lorsqu'il a été secoué par une série d'explosions dans la chambre des machines. Après extinction de l'incendie, on a trouvé que ses trains d'engrenages étaient détruits.

Aujourd'hui, le Kootenay est en cale sèche à Halifax pour une reconversion et son train d'engrenages principal est remis en état par le Centre de Technologie en Production industrielle, de la Division de génie mécanique du Conseil national de recherches du Canada, à Ottawa. Le Centre de Technologie est le seul endroit du Canada où ce gros travail peut être fait avec la précision voulue.

L'usine qui avait construit et entretenu les trains d'engrenages des contre-torpilleurs canadiens d'après guerre a fermé ses portes en 1967; ses équipements spéciaux ont été vendus aux enchères mais des éléments essentiels ont été transférés au CNRC pour faire des recherches sur les engrenages et pour que la Marine ne manque pas de service de réparations. En outre, ces éléments ont été mis à la disposition de la Défense nationale et aussi de l'industrie privée jusqu'à ce que cette dernière soit en mesure d'acquérir une installation équivalente.

Parmi les équipements récupérés, se trouvait une meule rectifieuse MAAG HSS 360 pour dents d'engrenages qui a été modifiée au Centre de Technologie au point qu'elle permet de faire beaucoup mieux qu'à l'origine. Des engrenages trempés de 11½ pieds de diamètre peuvent être meulés avec une très grande précision. Une autre modification a permis de travailler sur des engrenages n'atteignant que 35¾ pouces de diamètre. On peut également y usiner des engrenages de turbo-réacteurs et s'en servir pour développer des compresseurs et des turbines.

Il faut que nous soulignons ici que ce Centre de Technologie n'a nullement la mission de concurrencer les établissements industriels mais, au contraire, d'apporter un complément dans le domaine de la haute précision rarement exigée des entreprises commerciales qui ont d'ailleurs déjà utilisé avec profit les compétences et les équipements du centre pour l'exécution de contrats pour lesquels elles auraient éprouvé autrement de sérieuses difficultés.

Les effectifs du Centre, route de Montréal à Ottawa, sont de 100 personnes soit environ le tiers de ceux de la Division de génie mécanique. On y dispose de quatre bureaux d'études, d'un atelier de travail du bois, d'une

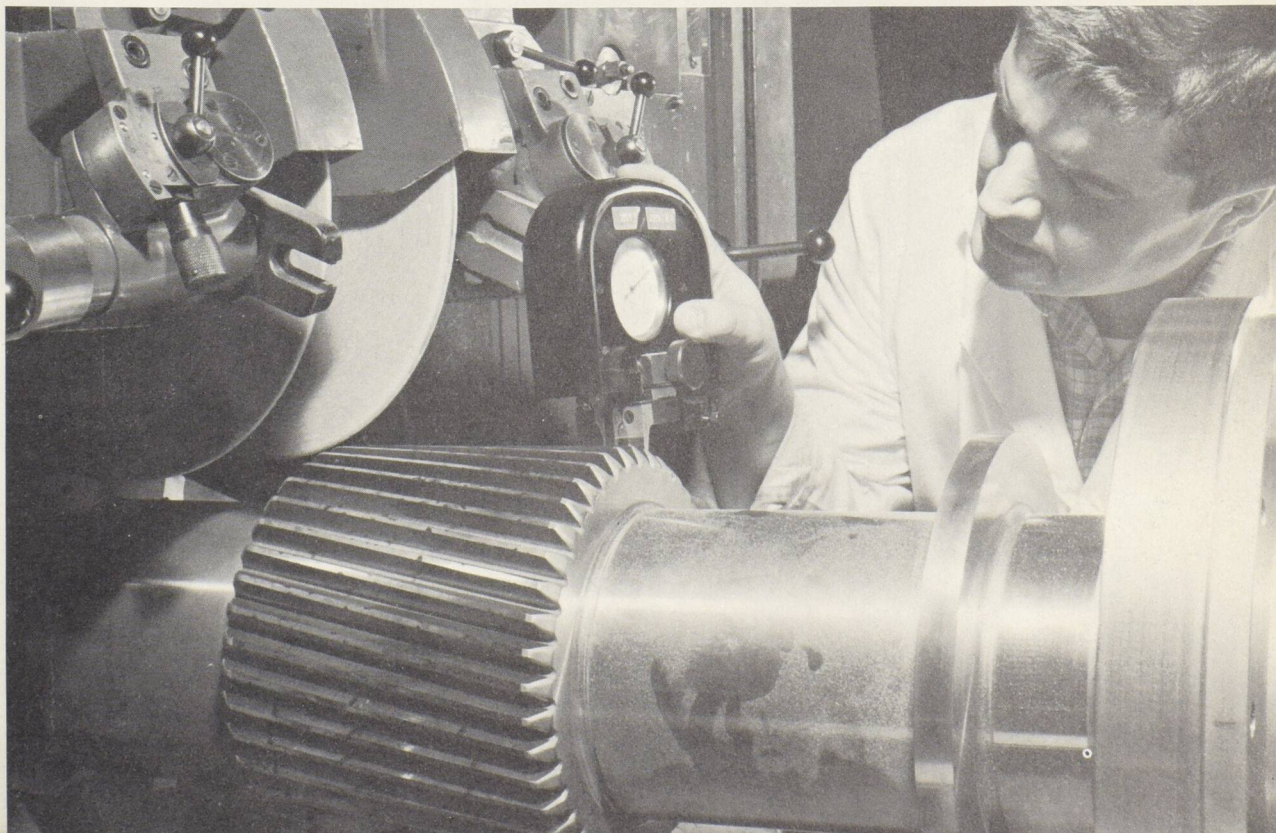
tôlerie, d'un atelier des machines lourdes et d'un autre pour les instruments. Ces personnels comprennent bien des spécialistes depuis les outilliers jusqu'aux ingénieurs électroniciens en passant par les dessinateurs.

Dans ces ateliers, des appareils et des instruments de toutes sortes ont été conçus et construits et l'on a même fabriqué des maquettes de bateaux, en plastique ou en bois, atteignant 26 pieds de longueur. Dans le domaine du travail des métaux, on a remis en état les engrenages de 5½ pieds de diamètre du Kootenay et aussi fabriqué des agrafes, pour un instrument de suture, dont l'épaisseur n'est que de 0,003 pouce.

L'importance de ces meules rectifieuses perfectionnées dans un pays comme le Canada a mis en relief que nous devrions disposer en ce pays de beaucoup plus de machines et d'instruments spécialisés et très avancés que nous n'en avons actuellement.

On a aussi acquis l'équipement d'usinage électrochimique, celui de la soudure par faisceaux électroniques et les accessoires nécessaires pour adapter le contrôle numérique à certaines machines. Naturellement, on s'est procuré également les machines-outils de haute précision et les instruments de mesure allant de pair avec les équipe-

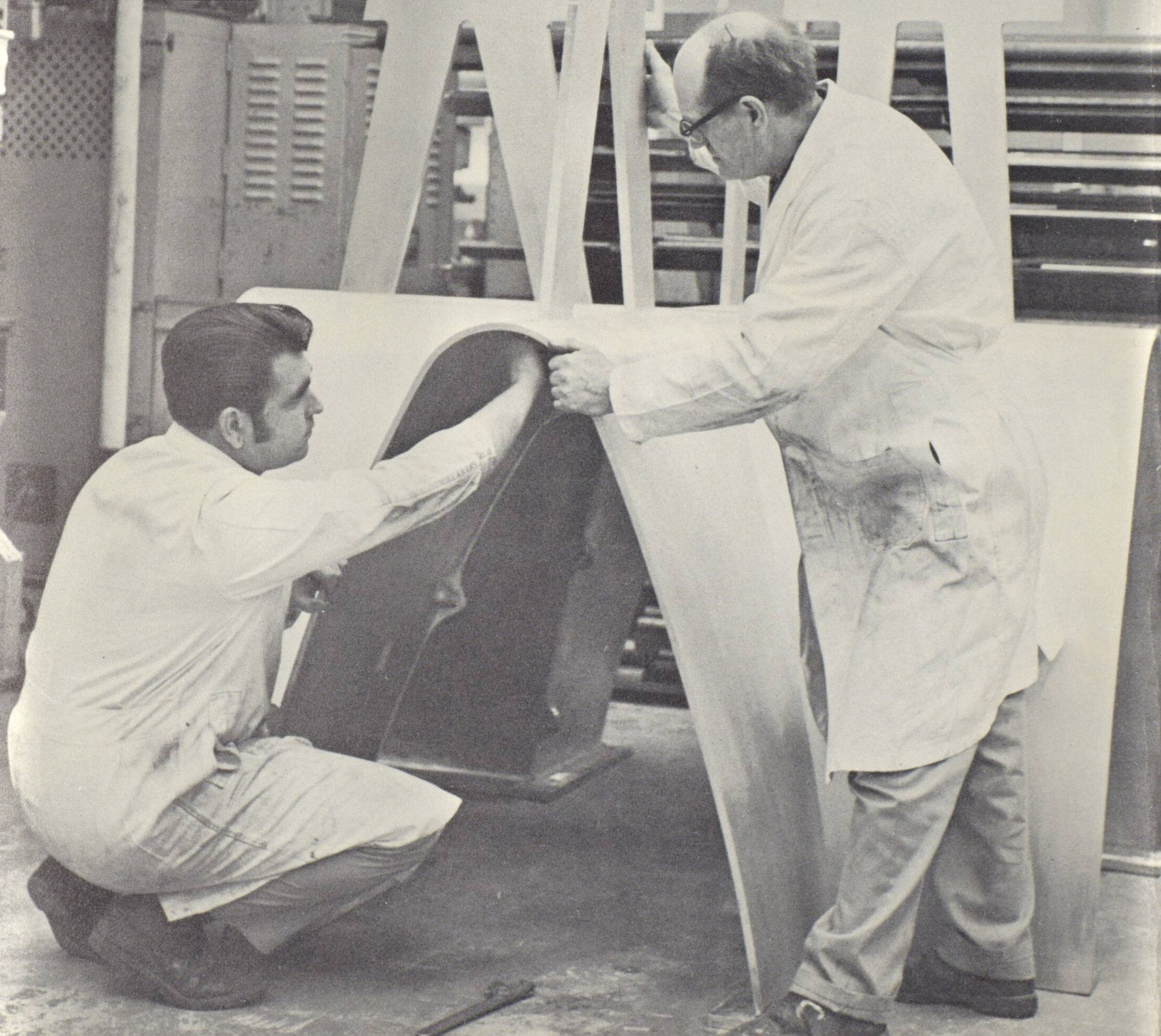
Tom Furrie vérifie
le meulage exécuté
sur le pignon, à
grande vitesse de
rotation, du
Kootenay.



Tom Furrie inspects
grinding work done
on HMCS Kootenay's
high-speed pinion.

The MTC made its contribution to the Ottawa Children's Hospital by the manufacture of the metal sculpture that will adorn the main entrance of the new hospital. Douglas Reed, left, and Michael Farrel of MTC's welding shop are shown assembling the sculpture's four cutout child figures and its base of anodized aluminum. The sculpture will form a 10-foot high water fountain. Materials were donated by the Aluminum Company of Canada.

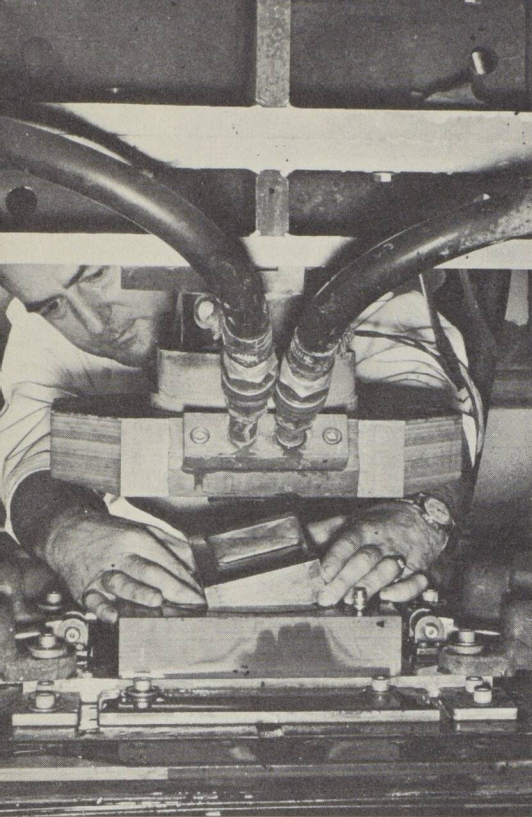
La contribution du Centre de Technologie en faveur de l'Hôpital pour enfants, à Ottawa, s'est manifestée notamment sous la forme de cette "sculpture" métallique pour l'entrée principale du nouvel hôpital. Douglas Reed (à gauche) et Michael Farrel, du Centre de Technologie, ajustent les éléments et le socle en aluminium anodisé donné par l'Aluminum Company of Canada. Cet ensemble a 10 pieds de haut.





Parmi les études du Centre de Technologie se trouve celle des aiguillages de chemins de fer gelés en hiver et qu'il faut chauffer ou gratter pour que l'espace inter-rails soit dégagé de la glace pouvant causer un déraillement. Une demande de brevet a été déposée pour un dispositif qui écrase et élimine cette glace en lui appliquant une pression considérable. Vue de la maquette en bois, de 20 pieds, qui a servi aux études préliminaires. Les personnes examinant la maquette sont M. Moore (à gauche) et Frank Sheppard, du Centre de Technologie.

One of the research projects carried on at MTC concerns the problem Canadian railways have with track switches that become inoperable in winter when ice builds up between the rails. Before trains can be shunted onto sidings the ice has to be chipped free or melted by heating units. Patents have been applied for on a device that applies force on the rails great enough to crush the ice between the rails and, in effect, provides a self-cleansing action. E. S. Moore, left, and Frank Sheppard look over the 20-foot wooden mockup of a switching section built at MTC for use in preliminary design.

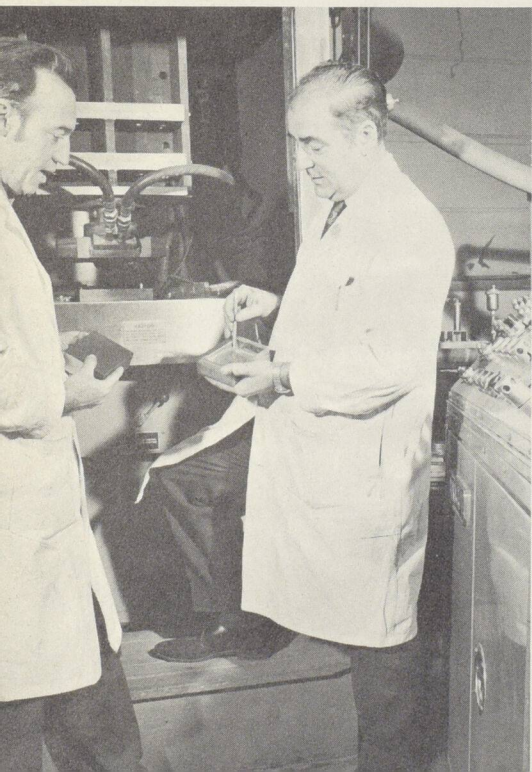


Closeup of the MTC's electrochemical milling unit.

Gros plan de la machine d'usinage électro-chimique.

The before and after aspects of electrochemical milling of turbine blades is the subject of interest to Kenneth Bonnah, left, and Vic Renaud. Control panel of the ECM is shown at right while the ECM unit itself in is centre background.

Kenneth Bonnah (à gauche) montre une pièce avant usinage électro-chimique tandis que Vic Renaud montre le résultat dans le cas d'aubes de turbines. La machine est au fond et ses commandes à droite.



Technology centre

The lesson of the importance and availability to Canadian industry of this advanced gear grinding machinery was quickly generalized when it was realized that the national needs for progressively more sophisticated equipment of certain types is acute. An electrochemical machining unit, an electro-discharge machine, and numerically-controlled machinery were bought to augment an already impressive array of high-precision machine tools and measuring equipment.

The electrochemical machining process is probably the most revolutionary to be introduced into machine shop practice during the last decade. It has made it possible for MTC to produce stainless steel and titanium turbine blades, as well as complete shapes and pockets in minutes as compared to the hours of normal machine shop methods. It operates in the reverse of electroplating. Metal is removed by the ECM process and flushed away by an electrolyte flowing at a high velocity through the work gap between anode (work piece) and the cathode (copper tool). The electrolyte is a solution of water and various salts such as sodium nitrate or sodium chloride (common table salt). The process is applicable to any material which conducts electricity.

The newest facility for the Centre is to be a numerically-controlled four-axis Machining Centre. This heavy-duty fully-automatic machining centre with automatic tool changer is able to change any of its 60 tools in five seconds during production of machining components. Production is about ten to one in relation to other conventional methods of metal removal.

Experience with the naval gearing plant and numerical-controlled machine tools has served to emphasize that Canada is seriously short of specialty machine shops which Canadian industry might use to check tools and job processes before committing men and money to a project.

International trade is very intense today and world production units are becoming steadily larger. Canada, with relatively few comparable units, is also handicapped by the fact that internal markets are fairly small and wage structures are fairly high.

"A company which invests heavily in sophisticated equipment for high productivity can find itself in serious difficulties with its capital tied up should anything go wrong. We feel that MTC's function is to reduce this hazard whenever possible and one of

the ways of doing this is through technical collaboration," says Dr. D. C. MacPhail, Director of the Division of Mechanical Engineering.

"Whenever a company has to install high productivity machinery, each machine purchase calls for good judgment on the part of the purchaser if the company is to survive. Experiments must be carried out as safely, cheaply and swiftly as possible to determine a machine's suitability. And this is where NRC comes in. It serves as a place to come for judgment, advice and technical assistance.

"If an existing tool fails to do a particular job, we try to manufacture and develop alternatives because we have the men with the skill, materials and the necessary equipment," Dr. MacPhail says.

"Additionally, because we are constantly searching the world for machine tools, we are aware of what is available on a continuing basis ensuring that our accumulated knowledge in this area is kept current and valid and thus we form what can be described as a shopping service for Canadian industry."

Dr. MacPhail emphasizes that MTC exists to serve manufacturers only when there is no other place a company can turn. If a request for assistance can be handled by private industry, the company is directed to the appropriate place.

"Should a company avail itself of this service, it rents time on machinery and brings its own men to do performance tests under MTC supervision," says E. S. Moore, Manager of the MTC. "The pros and cons of other machines are discussed on the basis of NRC knowledge and experience and the company team is then in a position from firsthand personal association to advise its management on tool purchases and suitability."

An example of aid to industry is the work done for the Steel Company of Canada. Its Gananoque, Quebec, plant produces forging dies used for T-joints in pipeline systems. While the steel used in the dies is tough, their cavities wear and become distressed under impact. These are salvaged because of their cost. The procedure has been to take welding rod, fill the cavities then remachine the cavity. This usually took three weeks to complete.

MTC engineered the electrochemical milling of the cavities and, in demonstrations under actual conditions, was able to show STELCO how to cut the time of cavity cutting to a mere 20 minutes.

"We like to think of this as a useful advance," Mr. Moore says.

...centre de technologie

ments que nous venons de mentionner.

L'usinage électrochimique est probablement le plus révolutionnaire de la dernière décennie. Il a permis au Centre de produire des aubes de turbines en titane et en acier inoxydable, de sortir des formes compliquées en creux en quelques minutes alors qu'il faut des heures avec les équipements habituels. On sait que l'usinage électrochimique consiste à enlever le métal par un électrolyte qui se déplace à grande vitesse sur la pièce de travail constituant l'anode tandis que l'outil en cuivre constitue la cathode. L'électrolyte est en général une solution d'eau et d'un sel comme le nitrate de soude ou le chlorure de sodium appelé habituellement sel de cuisine. Le traitement est applicable à tous les matériaux bons conducteurs de l'électricité.

La nouvelle acquisition la plus intéressante est la machine d'usinage automatique, à contrôle numérique sur quatre axes. Cette machine peut choisir entre 60 outils et en changer en cinq secondes ce qui fait que sa production est d'environ dix fois supérieure à celle des machines traditionnelles.

Le travail fait sur les engrenages de la marine a mis en évidence que nous manquons au Canada de machines-outils spécialisées que l'industrie canadienne pourrait utiliser pour s'assurer que des outillages et des procédés envisagés donneront satisfaction avant d'engager des dépenses ou d'affecter des personnels.

Le commerce international est aujourd'hui très intense et les centres de production mondiaux sont devenus de plus en plus grands. Le Canada n'en dispose que d'un petit nombre et se trouve handicapé par le fait que les marchés intérieurs sont assez faibles et que les salaires sont assez élevés.

"Une compagnie qui engage de gros investissements dans des équipements complexes pour avoir une production élevée peut se trouver en difficulté du fait de son immobilisation de capital. Nous pensons que la fonction du Centre de Technologie est de réduire ce risque chaque fois que c'est possible et que l'une des manières d'y parvenir est une collaboration technique étroite," nous a dit le Dr. MacPhail qui a continué:

"Lorsqu'une compagnie doit acheter et installer des machines à production élevée, elle doit faire preuve d'un bon

jugement et être capable en toute sécurité, à bon marché et rapidement, de s'assurer que ces machines seront bien adaptées à leur mission. Et c'est ici que le CNRC a un rôle à jouer car c'est lui qui est bien placé pour formuler un jugement, donner des conseils et assurer une assistance technique."

"Si nous achetons un équipement donné et que cet équipement ne puisse faire le travail prévu, nous en faisons un meilleur parce que nous disposons des hommes, du matériel et du temps nécessaires."

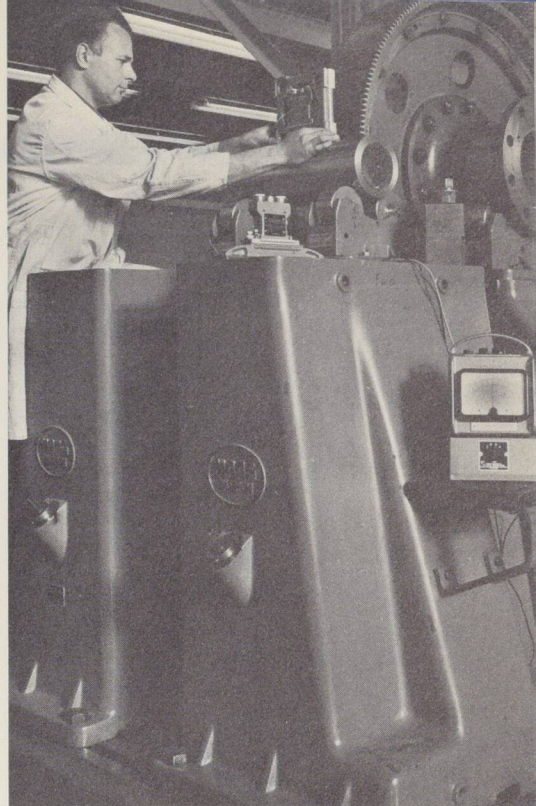
"De plus, du fait que nous sommes constamment au courant de ce qui se construit dans le monde entier, nous savons ce que l'on peut acheter et, de ce fait, nous pouvons nous considérer comme pouvant donner de bons conseils en matière d'achats".

Le Dr MacPhail a mis en relief toutefois que le Centre de Technologie ne servira les industriels que dans le cas où une compagnie ne saurait plus vers qui se tourner. Si une demande d'aide peut être accordée par une industrie privée, elle est d'abord dirigée dans cette direction.

Lorsqu'une compagnie utilise des machines du Centre de Technologie, elle doit verser une certaine somme pour la location des machines mises à son service et elle doit aussi amener ses hommes pour qu'ils s'exercent en bénéficiant des conseils du personnel du centre.

Les pour et les contre des autres machines sont discutés en fonction des connaissances et de l'expérience du CNRC de sorte que les représentants de la compagnie sont alors dans une excellente position pour savoir quels conseils donner en matière d'achats à leur propre direction.

Comme exemple de l'aide que l'industrie peut recevoir, citons le travail fait pour le compte de la Steel Company of Canada (STELCO) dont l'usine de Gananoque produit des matrices de forgeage servant à faire des raccords en T sur les pipelines. Quoique l'acier utilisé pour ces matrices soit dur, les parties en creux s'usent vite et se déforment sous les impacts. En raison du coût de ces matrices, on les réutilise mais, auparavant, il est nécessaire de les remettre en état à l'aide de soudures qui servent à remplir les parties en creux que l'on usine à nouveau; cette remise en état a duré environ trois semaines jusqu'à ce que le Centre de Technologie ait mis au point un usinage par électrochimie ne durant que vingt minutes, ce qui a amené M. Moore à penser que le Centre a vraiment rendu un grand service à la STELCO.

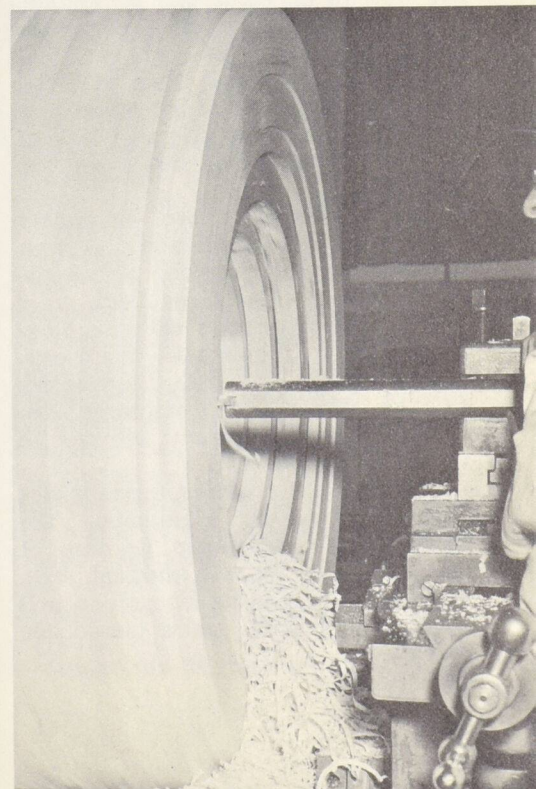


Wolfgang Raedisch procède au bisottage de précision d'engrenages du "Kootenay".

Precision bevelling of the meshing gear and pinion of HMCS Kootenay is undertaken by MTC's Wolfgang Raedisch.

Un technicien du Centre de Technologie en production industrielle surveille le découpage d'un gabarit en bois exécuté par un tour McDougal à banc rompu de 12 pieds. Ce gabarit servira ensuite à façonner une feuille de métal par repoussage.

Manufacturing Technology Centre technician watches as a pattern is cut out of wood on the McDougal 12-foot gap lathe. In a spinning process sheet metal will be shaped to the wood pattern.



Electricity: A subtle menace in hospitals

The patient lay on an X-ray table. A hard rubber catheter tube had been inserted in his left femoral artery and advanced until its tip had passed the arch of the aorta and now rested at the junction of this trunk artery and the heart. In a few moments a radio contrast medium or "dye" would be injected under pressure. It would squirt out of tiny ports at the catheter tip and enter the coronary arteries, the blood vessels which nourish the heart muscle. While the dye invaded the coronaries, a rapid series of X-ray photos would record its path, allowing a radiologist to detect the presence of a thrombosed or plugged vessel. A decision to perform heart surgery would depend on the results of this test.

Wire leads ran from electrodes on the patient's four limbs to a monitor which displayed the heart beat on a large cathode-ray screen. All that remained to be done was to "prime" the injector pump and start the electronic timer which would control the sequence of dye injection and X-ray exposures. The priming took just a few seconds, and the radiologist turned to couple the catheter to the pump. As he did so, the sweep of rhythmic heart pulses across the monitor display screen suddenly changed to an uncoordinated picture of chaos.

Cardiac Arrest!

The monitor showed an unmistakable pattern of ventricular fibrillation, indicating the muscles that pump the blood from the heart had lost their sequential control and were fluttering at random rates. Soon the blood flow would dwindle to a stop and lack of oxygen would bring death to the patient.

One action could save the patient and it was taken immediately. A massive electric shock applied across the chest "kicked" the heart back to a rhythmic response and within a minute the effects of anoxia — blood oxygen starvation — had disappeared. The procedure was temporarily discontinued and the patient suffered no ill effects.

This incident occurred recently in a Canadian hospital. Fortunately, the monitor gave immediate warning of cardiac arrest and the medical team was experienced in its recognition and treatment. Prompt action saved the patient.

Experimental surgery in NRC's bioengineering laboratories. The operating room complies with the requirements of the Canadian hospital code and provides a facility for assessment of electrical hazards.

Chirurgie expérimentale dans les laboratoires de génie biomédical du CNRC. La salle d'opération répond aux normes du Code et permet d'évaluer les risques d'électrocution.



Attention, docteurs! Table d'opération ou chaise électrique?

Le malade est allongé sur une table radiographique; un cathéter constitué par un tube de caoutchouc rigide a été introduit et poussé dans son artère fémorale gauche, jusqu'à ce que son extrémité soit arrivée à la sortie du ventricule gauche du coeur. Dans quelques instants, un opacifiant radiographique injecté sous pression, jaillira par les minuscules orifices de l'extrémité du cathéter et pénétrera dans l'artère coronaire et ses ramifications intra-cardiaques. Pendant que cet opacifiant progressera dans le réseau coronaire, une série de radiographies prises à cadence élevée enregistrera son cheminement, permettant ainsi à un radiologue de déceler la présence d'un vaisseau thrombosé ou engorgé. Ce sont les résultats de cette exploration qui vont dicter la décision de procéder ou non à une intervention cardiaque.

Des fils électriques relient les électrodes implantées dans les quatre membres du malade à un appareil de surveillance qui affiche les pulsations cardiaques sur un grand écran cathodique. Il ne reste plus qu'à "amorcer" la pompe de l'injecteur et à enclencher la minuterie électronique qui va contrôler l'injection du liquide opaque et la prise des radiographies. C'est alors que le radiologue peut, après avoir branché le cathéter et amorcé la pompe, remarquer que les profils du pouls du malade, donnés sur l'écran cathodique, deviennent désordonnés et disparaissent.

Le coeur s'arrête! Que se passe-t-il?

Il s'agit sans erreur possible d'une fibrillation ventriculaire, c'est-à-dire d'une succession de contractions très rapides, désordonnées et inefficaces, des fibres musculaires du myocarde et l'on sait que cette fibrillation entraîne rapidement la mort en l'absence d'un traitement d'extrême urgence.

Il ne reste qu'une chose à faire pour sauver le malade: envoyer une décharge électrique pour que le coeur retrouve son rythme habituel et que, une minute après, on puisse continuer l'opération.

Un événement inattendu de cette sorte s'est produit récemment dans un hôpital canadien où, fort heureusement, l'équipe médicale au travail était très avertie des mesures à prendre d'extrême urgence qui ont sauvé le malade.

Mais qu'est-ce qui a déclenché cette fibrillation? En analysant la séquence

des événements ayant précédé la crise, on s'est aperçu que l'arrêt du coeur provenait du branchement du cathéter sur la seringue d'injection de l'opacifiant. Des mesures ont révélé l'existence d'une tension électrique sur le corps métallique de la seringue et qu'un courant empruntant le liquide conducteur, circulant à l'intérieur du cathéter, s'était acheminé jusqu'au coeur du malade et, de là, avait atteint l'appareil de surveillance tenant lieu de masse en suivant le fil de liaison avec la jambe gauche. Une enquête a montré que la fiche de modèle européen du câble conducteur de la seringue avait été remplacée par une prise standard américaine à deux broches n'ayant pas de fiche de mise à la masse. C'est pour cette raison que la tension électrique accumulée sur le corps de la seringue et cherchant une issue a emprunté le fluide opacifiant, le corps du malade et le fil de liaison pour aller à la terre.

La leçon que l'on doit tirer de ces erreurs dangereuses c'est qu'il faut que les instruments soient soumis à un contrôle rigoureux avant leur mise en service.

Il s'est également produit de nombreux accidents dus à l'utilisation de l'électricité dans les salles d'opérations et dont ont été victimes malades et personnel médical. La défibrillation électrique, qui est le traitement par choc électrique d'un coeur se fibrillant, est un procédé présentant des dangers mais qu'il a bien fallu accepter dans des situations de "vie ou de mort". En dépit des dispositifs de sécurité entrant dans la conception des défibrillateurs modernes, éliminant la plupart des dangers et des risques liés à leur utilisation, certaines catastrophes imprévues soulignent la nécessité d'une meilleure compréhension de ces techniques de la part du fabricant et de l'utilisateur. Tout récemment, un chirurgien a été fortement commotionné en mettant en marche un défibrillateur au cours d'une réanimation d'urgence dans une salle d'opérations. Le conducteur reliant l'appareil au malade était endommagé et celui de mise à la masse de son châssis était rompu. Quand l'opérateur a tourné le bouton pour envoyer une impulsion électrique salvatrice chez le malade, le courant est passé dans le châssis et, comme le conducteur de mise à la terre était

electrical menace

But what caused this bizarre occurrence? In reconstructing the sequence of events that preceded the crisis, it appears that the coupling of the catheter to the dye injector produced the arrest. Electrical measurements revealed that a voltage existed on the metal barrel of the syringe and that a current flow resulted through the conductive fluid in the catheter to the patient when contact was made with the faulty syringe. The current followed this conductive path to the heart and flowed from there to the right-leg cardiograph lead, which was grounded at the monitor. Investigation showed that the European type power connector of the syringe unit had been replaced by a standard North American two-prong connector, without a grounding blade. Thus, the fault current on the case of the unit had no place to go until the catheter provided a route through the patient to ground.

What makes such cases noteworthy is that they occur outside the operating room, the area where most attention to safety has been concentrated. These occurrences suggest that greater attention must be paid to patient-treatment facilities and procedures in those locations not normally considered hazardous to the patient.

In the operating room too, there have been many episodes of electrical shock hazard, involving patients and medical staff. Electrical defibrillation — shock treatment — of the fibrillating heart is a potentially hazardous procedure, made acceptable by its "life or death" necessity. In spite of safeguards built into modern defibrillators, intended to remove much of the danger associated with their use, some unpredictable catastrophes point to the need for better understanding of the technique by both instrument manufacturer and user. Recently, a surgeon received a severe electric shock when he actuated the shock discharge switch on a defibrillator, during emergency resuscitation of a patient in the operating room. The instrument had one of its patient output connections grounded to the chassis. However, the power cord to the defibrillator was defective and the instrument chassis was not grounded. During the application of the shock current to the patient, the chassis rose in potential to a peak level of 7,000 volts. A current flowed to the

surgeon's hand, in contact with the chassis, through his body and exited at his feet to the grounded conductive flooring. If the ground wire had been intact, the fault current would have been bypassed safely to ground. However, the chassis-grounded patient lead would then have set the stage for the applied shock to take any route to ground from the high voltage side — to a grounded monitor lead, to an indifferent electrosurgery electrode, a patient contact with exposed metal, a conductive anesthetic hose, etc. This hazard resulted from both negligence and design.

Twenty years ago, the hazard of electric shock in the operating room was secondary to the risk of ignition or explosion of flammable anesthetic agents. The safety standards introduced during that era were oriented around the combustion hazard. Controlled high humidity reduced the generation of static charges. Garments and patient drapes prone to development of electrostatic charges were banned, and to ensure that whatever static charges remained were dissipated, conductive footwear and floors were specified in the operating area. Electric protection was directed against gross shock or sparks above the ignition level.

However, two developments have since changed the operating room environment. The trend is now swinging from the flammable to the non-flammable anesthetic agents, reducing the combustion incidence. At the same time, modern technology has produced a multiplicity of instrumentation to effectively diagnose or treat patients. Much of this equipment development has supported new surgical or medical techniques. As a result, the operating room has become crowded with such items as heat exchangers, bypass pump-oxygenators, cardiac resuscitators, electrosurgery units, pressure transducers, patient monitors and many others. Used alone, any one of these instruments is inherently safe. Used in combination they can produce disaster.

The combination of new medical techniques and instruments has led to a peculiar electrical shock hazard which has been hard to identify and control. Since the development of cardiac stimulation and heart catheteriza-

tion procedures, electric currents have not been limited to skin contact on the patient's body. These currents have now invaded the inner tissues where the critical shock levels are some two thousand times lower than on the body surface. The vulnerability of patients with internal current paths is greatly increased, and the number of shock incidences has risen steadily over the past five years or more.

For the last 20 years, scientists and engineers in the Radio and Electrical Engineering Division of the National Research Council of Canada have collaborated in medical research. The early work of this group was in cardiovascular instrumentation so it was inevitable that it should come to grips with the electrical shock hazard. Since this critical hazard involves electrical parameters of the heart, in which the group had contributed a substantial background of research, an investigation of electrical safety was a logical outcome. Bioengineers combined forces with other divisional engineers active in the design and specification aspects of hospital safety and a program of evaluation of equipment and hospital procedures has been carried out.

"We've always had a hazard in hospitals, particularly as it applies to flammable and explosive anesthetic agents," says John Hopps, a research officer in the Division's Instrument Section, and Chairman of the Canadian Standards Association Hospital Code Subcommittee on Electronics. "However, as electronics became more sophisticated and more used in hospitals, the shock problem has taken over as the dominant factor in electrical hazards."

Divisional staff members have investigated innumerable hospital installations, procedures and incidences of hazards, and have served on the hospital safety committees of both Canadian and United States organizations. Results of these investigations and studies have been incorporated in a revised Canadian Standards Association Operating Room Code which became effective in June, 1970.

"With electronic equipment," says Mr. Hopps, "the patient becomes a conductor between different pieces of equipment. We must re-design equip-

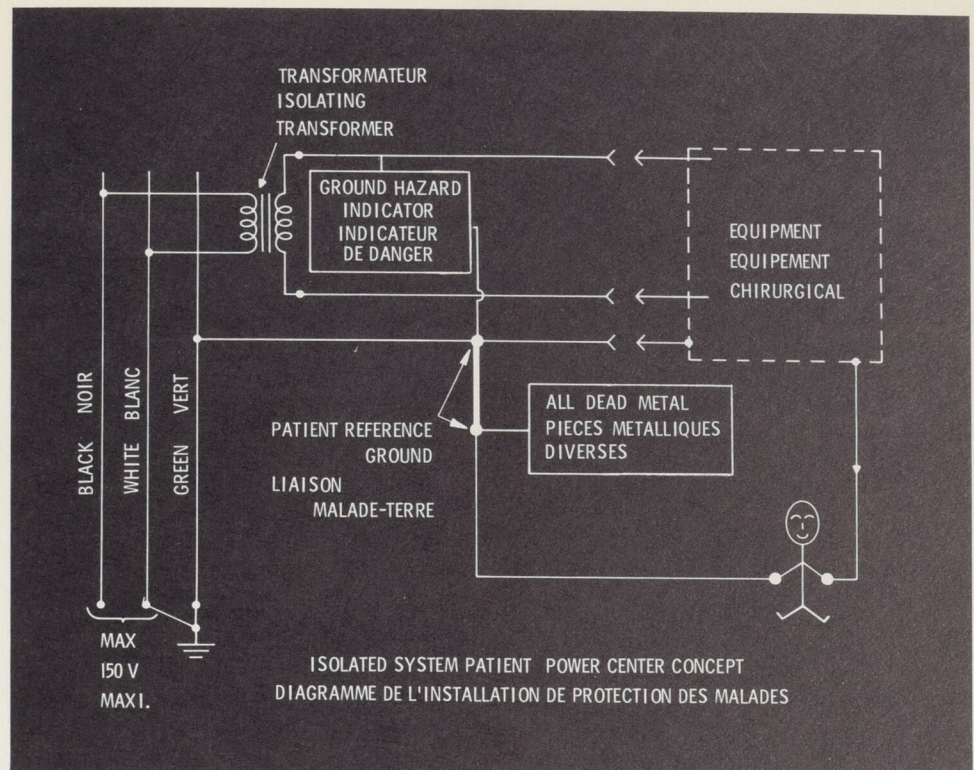
... chaise électrique

rompu, il a continué son chemin vers la terre par l'intermédiaire du tableau de l'appareil, du commutateur tenu par l'opérateur et, inévitablement, par le corps de l'opérateur qui, sous cette décharge de 7 000 volts, a été projeté au sol. Des risques de ce type peuvent être évités par un meilleur entretien et si les ingénieurs concevant ces appareils concentrent plus leur attention sur la sécurité.

Il y a vingt ans, le risque de commotion électrique ne venait qu'après celui de l'inflammation ou de l'explosion d'anesthésiques inflammables. Les normes de sécurité introduites à cette époque visaient surtout à éliminer les risques de combustion. Le contrôle du degré d'humidité a également réduit la formation de charges statiques. Les vêtements et les draps utilisés par le malade et susceptibles de provoquer des décharges électrostatiques ont été interdits et, pour s'assurer de l'élimination de toutes charges statiques, obligation fut faite d'avoir des chaussures et des sols conducteurs dans la salle d'opérations. La protection contre les décharges électriques a été surtout axée sur les tensions importantes pouvant déclencher des étincelles d'intensité supérieure au seuil d'inflammation.

Les progrès techniques ont cependant changé les données du problème. En matière d'anesthésiques, les produits ininflammables tendent de plus en plus à remplacer les produits inflammables, réduisant ainsi le danger de combustion. Parallèlement, la technologie moderne a créé une multiplicité d'instruments permettant un diagnostic ou un traitement précis des malades. Une grande partie de ce nouveau matériel a été utilisée pour la mise en oeuvre de nouvelles méthodes chirurgicales ou médicales. Il s'ensuit que les salles d'opérations ont été envahies par des instruments comme les échangeurs de chaleur, les oxygénateurs avec pompes de dérivation, les réanimateurs cardiaques, les instruments électrochirurgicaux, les transducteurs de pression, les appareils servant à la surveillance du malade, etc. Utilisés séparément, chacun de ces instruments offre toute garantie de sécurité mais, associés à d'autres appareils, ils peuvent conduire à un désastre.

La mise en oeuvre simultanée de



Tous les équipements chirurgicaux sont groupés et toutes les pièces métalliques sont reliées à une mise à la masse commune.

Un conducteur de mise à la masse passe par le malade pour réduire les risques d'électrocution par décharge imprévue. L'ensemble peut comprendre un détecteur de rupture des circuits de mise à la masse.

An isolated and fault-monitored electrical supply has been proposed for critical patient care areas where an internal shock hazard may exist. All power receptacles serving the patient are clustered to reduce the ground path impedance and all exposed metal is bonded to a patient reference ground to eliminate dangerous potential gradients. The system may include ground continuity monitors for added protection.

nouvelles techniques et de nouveaux instruments médicaux est à l'origine d'un danger de commotion électrique de caractère particulier qu'il est difficile d'identifier et de prévenir. Depuis l'avènement des procédés de stimulation et de cathétérisation cardiaques, on n'a pas décelé la présence de courants uniquement aux points de contact avec l'épiderme du malade. Ces courants ont maintenant envahi les tissus internes où les niveaux deviennent dangereux s'ils ne sont pas au moins 2 000 fois inférieurs à ceux acceptés par l'épiderme. La vulnérabilité des malades offrant un passage interne au courant est considérablement augmentée et le nombre d'accidents a progressé régulièrement au moins au cours des cinq dernières années.

Depuis 20 ans, les scientifiques et les ingénieurs de la Division de Génie électrique du Conseil national de recherches du Canada collaborent à la recherche médicale. Les premiers travaux de ce groupe ont porté sur les instruments cardiovasculaires et il était donc inévitable qu'on les charge d'éliminer le danger de chocs électriques. Étant donné que ces risques graves mettent en jeu les paramètres élec-

triques du coeur sur lesquels le groupe avait fait de longues recherches, l'étude de la sécurité des instruments électriques constituait une suite logique. Les spécialistes en génie biomédical ont travaillé de concert avec les ingénieurs des autres divisions à la préparation de normes de sécurité hospitalière et un programme d'évaluation des équipements et des procédures hospitalières a été mené à bonne fin.

"On n'a jamais pu éliminer les risques dans les hôpitaux et, en particulier, ceux touchant l'utilisation d'anesthésiques explosifs et inflammables", nous a dit John Hopps, ingénieur de recherches de la Section d'instrumentation de la Division et président du sous-comité d'électronique au service des codes hospitaliers de l'Association canadienne de normalisation. "Mais avec le perfectionnement et l'emploi généralisé de l'électronique dans les hôpitaux, c'est le risque de commotion électrique qui est devenu le facteur d'accidents dominant."

Des ingénieurs de cette Division ont visité de nombreuses installations hospitalières, ont enquêté sur les causes et les conséquences des risques et ont servi dans des comités de sécurité d'or-

electrical menace

ment such as pacemakers and cathode implants to protect against very minute shocks. These instruments, inserted near the heart, can cause a heart attack with current so small as to evoke no physical sensation."

There are two methods of combating the problem: first, isolating the patient from all extraneous electric currents, and second, interrupting the electrical supply when a fault occurs.

"However," says Mr. Hopps, "there is absolutely no one way to use electricity with complete safety. The approach taken to eliminate the hazard depends on each situation."

The approximate threshold of sensation for electric shock on the body surface is about one to two milliamperes (0.001-0.002), or one to two thousandths of an ampere. The "cannot let go" point occurs between 10 milliamperes, when it becomes impossible, to release a hand-held electric contact. Heart fibrillation occurs at current levels of 70-100 milliamperes on the surface of the body. However, the threshold of danger for internal organs exist at levels as low as 20 microamperes (millionths of an ampere).

The internal shock hazard is not limited to the operating room but exists in intensive or coronary care units, catheterization laboratories, dialysis rooms, and other locations where internal probes may be used. Such areas now are considered electric shock locations, requiring special protection, and a new standard is being prepared by the Canadian Standards Association to cover the required safety specifications.

A coronary care unit may have several patients receiving simultaneous treatment, or being monitored in a complex system of instrumentation. In such a situation, it is essential that the failure of one piece of equipment will not transfer a fault current to a patient through a monitoring or grounding lead. This limits the potential gradient between individual instruments under fault conditions to a maximum of five millivolts.

In order to monitor such a system, NRC developed the dynamic ground fault detector which has been in operation for 12 years. The detector was patented by Canadian Patents and Development Limited, a subsidiary of

NRC, and is being manufactured by Federal Pacific Pioneer Electric Limited, Toronto, and Measurement Engineering Limited, Arnprior, Ont.

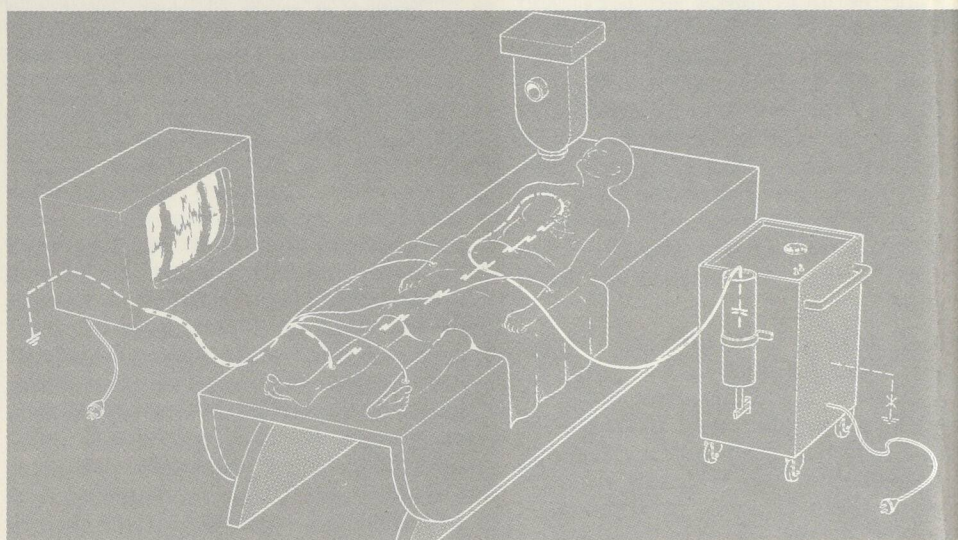
"We know," says Mr. Hopps, "that systems can be installed with a capacitive reactance above 500 kilohms to monitor ground fault currents as low as one milliampere — in fact, we can detect currents as low as 10 microamperes, and have had experience with a hospital installation operating at the 60 microampere level. We also feel that the Canadian dynamic detector offers better protection than the static type still prevalent in most American hospitals."

There is now reasonable agreement that in areas where internal body probes are normally applied, isolated power service will provide the best

protection. For other areas which may become electric shock locations for specific procedures, portable load centers can provide protection. A package incorporating an isolation transformer, ground hazard indicator, receptacles, and perhaps a continuity monitor, could be connected to the conventional service in a bedroom or ward.

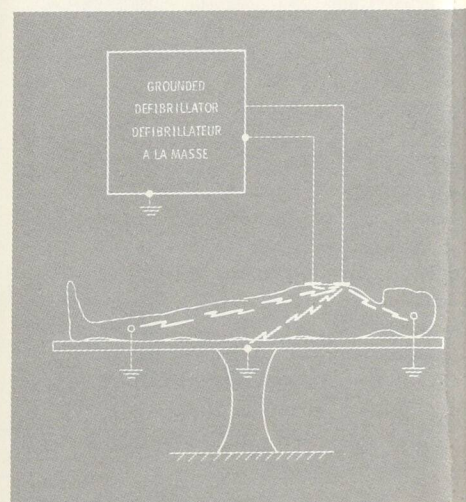
The new Patient Care Shock Code will specify safe current limits for equipment associated with internal patient probes and for other medical equipment used in critical environments.

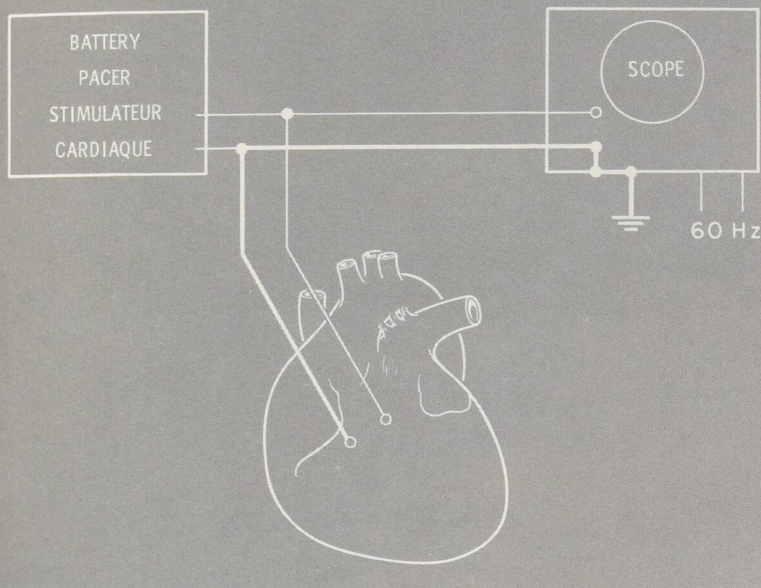
In addition, increased awareness by the design engineer, manufacturers and medical staff are necessary to reduce the alarming incidence of electric shock fatalities in hospitals.



Above, During electroangiography, the fluid content of the catheter can provide a conducive path to the heart. If either the monitor or the 'dye' injector is not grounded, a leakage current may kill the patient. Right, A ventricular defibrillator with one patient electrode grounded permits multiple currents paths during the resuscitation shock, reducing the efficacy of the shock treatment and endangering both patient and operator.

En haut, lors d'une électroangiographie, le fluide circulant dans le catheter peut faire office de conducteur et, si l'appareillage ou la seringue d'injection de l'opacifiant n'est pas mis à la masse, le malade risque d'être électrocuté. A droite, un défibrillateur dont l'une des électrodes est à la masse offre de multiples circuits au courant lors de l'impulsion électrique de réanimation, ce qui réduit l'efficacité de l'opération et met en danger la vie du malade et celle du médecin.





Un stimulateur cardiaque à piles, normalement isolé, peut ne plus l'être si l'on branche un oscilloscope dont l'alimentation est à la masse. S'il est indispensable de surveiller le stimulateur en fonctionnement, les fils de l'oscilloscope doivent être isolés du sol.

The isolation of a battery-powered cardiac stimulator may be invalidated by connection of a monitor oscilloscope with grounded input circuitry. If it is necessary to monitor pacer performance while it is connected to the heart, the monitoring leads must be isolated from ground.

ganismes américains et canadiens. Les résultats de ces études ont été incorporés dans la nouvelle édition du Code des salles d'opérations de l'Association canadienne de normalisation, publié par cette Association et dont l'entrée en vigueur remonte à juin 1970.

"Avec l'équipement électronique actuel", nous a dit M. Hopps, "les circonstances peuvent être telles que le patient tient le rôle de conducteur entre différents instruments. Nous devons repenser certains de ces instruments comme les stimulateurs cardiaques et les implantations de cathodes pour éliminer les risques de commotion, même infimes. Ces instruments, implantés dans la région du cœur, peuvent provoquer une attaque cardiaque avec des tensions si faibles qu'elles ne sont même pas ressenties physiquement."

Il existe deux façons d'attaquer le problème, soit isoler le malade de toutes les sources électriques, soit couper le courant dès qu'il y a une possibilité d'accident.

"Cependant", ajoute M. Hopps, "il n'existe aucun moyen assurant une sécurité à 100% et les mesures à prendre seront dictées par la situation."

Le seuil approximatif de sensibilité de l'épiderme au choc électrique est environ de un à deux milliampères et il devient impossible de retirer la main d'un conducteur lorsque le courant atteint une dizaine de milliampères. La fibrillation du cœur se produit entre 70 et 100 milliampères mais il est cependant admis que le seuil du danger pour les organes internes commence à 20 microampères.

Le risque d'électrocution interne n'est pas limité à la salle d'opérations; il existe également dans les salles de soins d'urgence ou de réanimation cardiaque et les laboratoires de cathétérisation, les salles de dialyse et, d'une façon générale, là où l'on peut être amené à utiliser des sondes. Il est donc nécessaire d'instituer de nouvelles normes et elles sont actuellement en cours de préparation.

Une salle de réanimation cardiaque, par exemple, peut être amenée à donner simultanément des soins à plusieurs malades ou ces malades peuvent être confiés à la surveillance d'un ensemble d'appareils complexes. Dans ce cas, il faut absolument être certain qu'advenant une défaillance d'un de ces appareils, le malade ne risquera pas d'être

électrocuté par un fil de masse ou un conducteur, c'est-à-dire que le gradient de potentiel entre chaque appareil ne devra pas dépasser cinq millivolts.

Pour assurer le contrôle d'un ensemble de ce type, le CNRC a mis au point un détecteur dynamique de perturbations dans les circuits de mise à la masse; ce détecteur est en service depuis douze ans. Il a fait l'objet d'une prise de brevet de la Société canadienne des brevets et d'exploitation limitée, filiale du CNRC, et il est fabriqué par la Federal Pacific Pioneer Electric Limited de Toronto et la Measurement Engineering Limited, de Annprior dans l'Ontario.

"Nous savons", nous a dit M. Hopps, "qu'il est possible d'installer des systèmes ayant une réactance capacitive supérieure à 500 kilohms pour détecter les perturbations de mise à la masse de l'ordre du milliampère et nous disposons même de détecteurs capables de déceler 10 microampères; nous avons même travaillé sur une installation d'hôpital décelant 60 microampères. Nous pensons également que notre détecteur dynamique offre une meilleure protection que le type de détecteur statique actuellement en service dans la plupart des hôpitaux américains."

On est généralement d'accord pour reconnaître que, là où l'on utilise des sondes, c'est le circuit électrique isolé qui assure la meilleure protection. Dans les autres endroits où le danger de choc électrique pourrait exister, sous certaines conditions, on peut se servir d'unités mobiles isolées. Un transformateur blindé et un détecteur d'interruption de mise à la masse pourraient être incorporés dans l'installation habituelle que l'on trouve dans les chambres ou les salles de soins des hôpitaux.

En résumé, le nouveau Code spécifiera les normes de sécurité pour les appareils reliés aux sondes et pour les autres se trouvant dans un environnement susceptible de comporter des risques.

Ajoutons pour conclure, que si l'on veut réduire le nombre toujours trop élevé de malades électrocutés accidentellement dans les hôpitaux, il est nécessaire que les ingénieurs chargés de la mise au point du matériel, les fabricants et le personnel médical soient mieux informés de ces dangers.

A tiny "bit" of India is on display at the National Research Council of Canada in Ottawa. It is a scale model of the harbor at Visakhapatnam, midway between Calcutta and Madras, on the Bay of Bengal on India's east coast.

Visakhapatnam, a city of 180,000, serves as a trade outlet for India's Madhya Pradesh region which possesses vast iron ore deposits. Its harbor dates back to 1933 when the mouth of a stream was dredged and two ships were sunk to serve as breakwaters. Today the port is capable of handling iron ore carriers up to 28,000 deadweight tonnage.

Recent Japan-India trade agreements have made the present harbor totally inadequate and a redevelopment project is underway. The goal is an enlarged and modernized harbor capable, within 10 years, of handling ships up to 200,000 deadweight tonnage, and an iron ore export flow approaching 10,000,000 tons per year.

Howe India (Private) Ltd. a subsidiary of C. D. Howe of Canada, is serving as consulting engineer for the harbor project. The National Research Council of Canada and India's Central Water and Power Research Station are collaborating on the model studies that must precede actual harbor construction, scheduled to start in January. These model studies in Ottawa are being financed by the Canadian International Development Agency of the Department of External Affairs.

The enlarged harbor is to have a depth of 20 metres below low water. Its channel will measure 2,000 metres in length and 200 metres in width. Three breakwaters, the longest 1,600 metres in length, will provide shelter from waves during the southwest monsoon season. Two shorter breakwaters complete the protection works as well as creating a smaller harbor for fishing and other small craft. The basin for ore carriers to make a turnabout after loading will have a diameter of 600 metres.

Work on the model began last year under the direction of Dr. Simon Ince of the Hydraulics Laboratory of NRC's Division of Mechanical Engineering. The first step was to see that the model reproduced the events and processes observed in nature in the harbor, as recorded over the years by hydrographic surveys.

The model itself occupies 10,000 square feet of floor space. At a scale of 1-300 in the horizontal and 1-80 in the vertical, it reproduces about six miles of shoreline, as well as the natural submarine topography of the area and all existing man-made features such as breakwaters, piers, etc.

Canadians play key role in Rebirth of Indian harbor



Contribution d'ingénieurs canadiens à des travaux portuaires en Inde

Une parcelle de l'Inde est exposée au Conseil national de recherches du Canada (CNRC), à Ottawa. Il s'agit d'une maquette du port de Visakhapatnam situé à mi-chemin entre Calcutta et Madras, dans la baie du Bengale.

Ville de 180 000 habitants, Visakhapatnam sert de comptoir commercial à la région de Madhya Pradesh où l'on trouve d'énormes gisements de minerai de fer. Son port a été créé en 1933 en draguant l'embouchure d'un cours d'eau et en coulant deux navires pour qu'ils servent de brise-lames. Aujourd'hui il est accessible aux minéraliers de 28,000 tonnes.

Par suite des récents accords commerciaux intervenus entre le Japon et l'Inde, ce port est devenu tout à fait insuffisant et il a fallu en envisager la transformation. L'étude actuellement en cours a pour objet de l'agrandir, de le moderniser et de le rendre accessible d'ici dix ans aux navires de 200,000 tonnes permettant une exportation annuelle d'environ 10 millions de tonnes de minerai de fer.

L'ingénieur conseil de ce projet est la Société Howe Indian (Private) Ltd., une filiale de C. D. Howe of Canada. Le CNRC et la Central Water and Power Research Station, de l'Inde, collaborent aux études sur maquettes qui doivent précéder la construction proprement dite qui doit commencer en janvier. Ces études sur maquettes sont financées par l'Agence canadienne de développement international, organisme relevant du Ministère des Affaires extérieures.

Le nouveau port comportera un bassin d'une profondeur de 20 mètres à marée basse, relié à la haute mer par un chenal de 2 kilomètres de long et de 200 mètres de large et dont trois brise-lames, le plus long de 1,600 mètres, le protégeront des moussons du sud-ouest. Deux brise-lames de moindre importance compléteront cette protection tout en formant un petit port réservé aux faibles tonnages. Les minéraliers pourront manoeuvrer pour reprendre le large, après chargement, grâce aux 600 mètres de diamètre du bassin.

Les travaux sur maquettes ont commencé l'année dernière, sous la direction du Dr Simon Ince, du Laboratoire d'Hydraulique de la Division de génie mécanique du CNRC. L'objet de ces travaux était de vérifier que la maquette reproduit fidèlement les phénomènes observés jusqu'alors dans le port lui-même par les services hydrographiques.

La maquette a une surface de 10,000 pieds carrés et reproduit à l'échelle de 1/300 dans le plan hori-

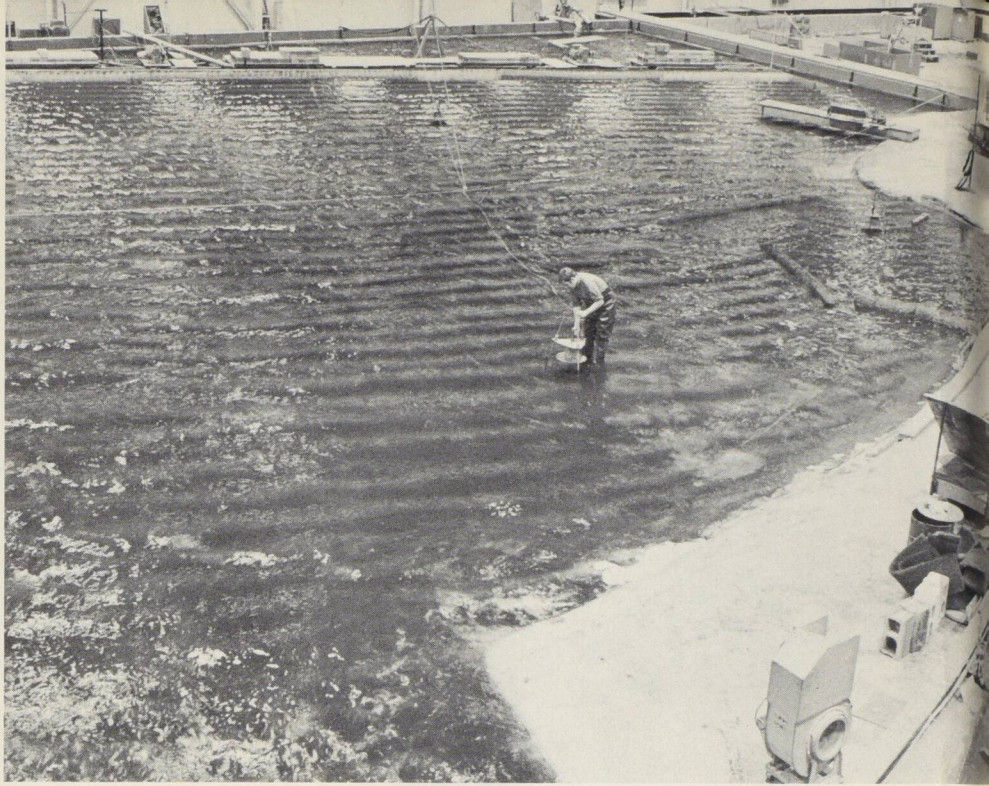
Two 40-foot-long wavemaking machines are being used to duplicate wave conditions, water currents set up by the wave action and the general pattern of movement of sand along the shoreline. Wave gauges are used to measure amplitude and point gauges measure water level and submarine or bottom changes. Crushed bakelite is used to simulate sand along the shoreline.

Two wavemakers are needed because Visakhapatnam is subjected seasonally to the effects of a northeast and a southwest monsoon. The southwest monsoon is strong enough to stop all work on the harbor project between May and October. It produces swells coming in from long distances. At certain wave amplitudes, and at a certain wave period, these permanent dominant waves, as they are called, cause littoral drift (sand movement along the shore). Over hundreds of years, a quasi-equilibrium beach configuration was established by nature.

Since 1933, breakwaters and a channel to deep water have interfered with this natural littoral drift pattern. In order to prevent silting of the channel it became necessary to dredge a trap for the sand on the south side of the channel to intercept the sand. This in turn caused erosion on the north side of the channel because not enough sand was being supplied to the beaches there. To remedy the situation the sand intercepted was pumped across the channel by means of a floating pipeline. However, erosion still took place due to the impossibility of maintaining the pipeline during the southwest monsoon and also because a heavier volume of ship traffic had caused increased interruption of pipeline sand flow. With the enlarged harbor the problem will again be changed because of the new configuration of the breakwaters.

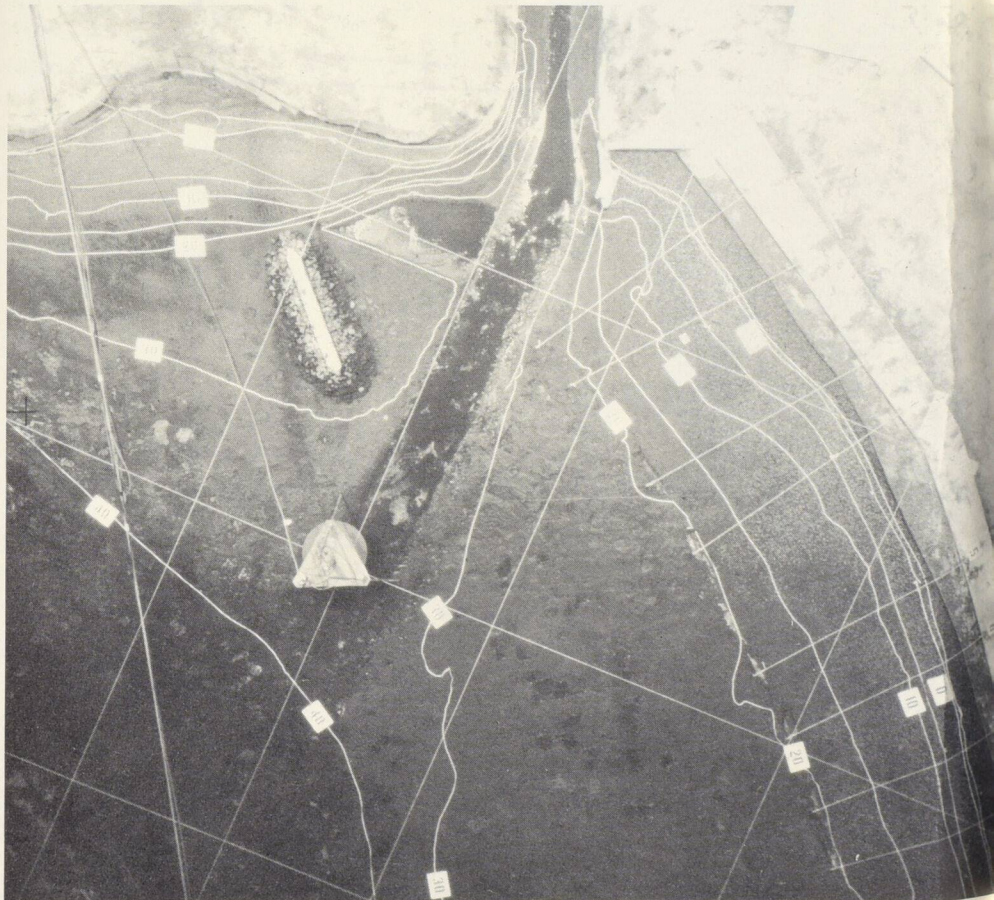
"We plan to add a second dredged trap," Dr Ince says. "Then, after a certain number of tests simulating the southwest and northeast monsoons, the profile of the beach can be traced and compared to that produced in nature. The question of how much sand to pump and how much sand to dump off shore and where it should be dumped during the southwest monsoon so that it doesn't come back into the channel or interfere with the operation of the harbor should be answered in these tests," he says.

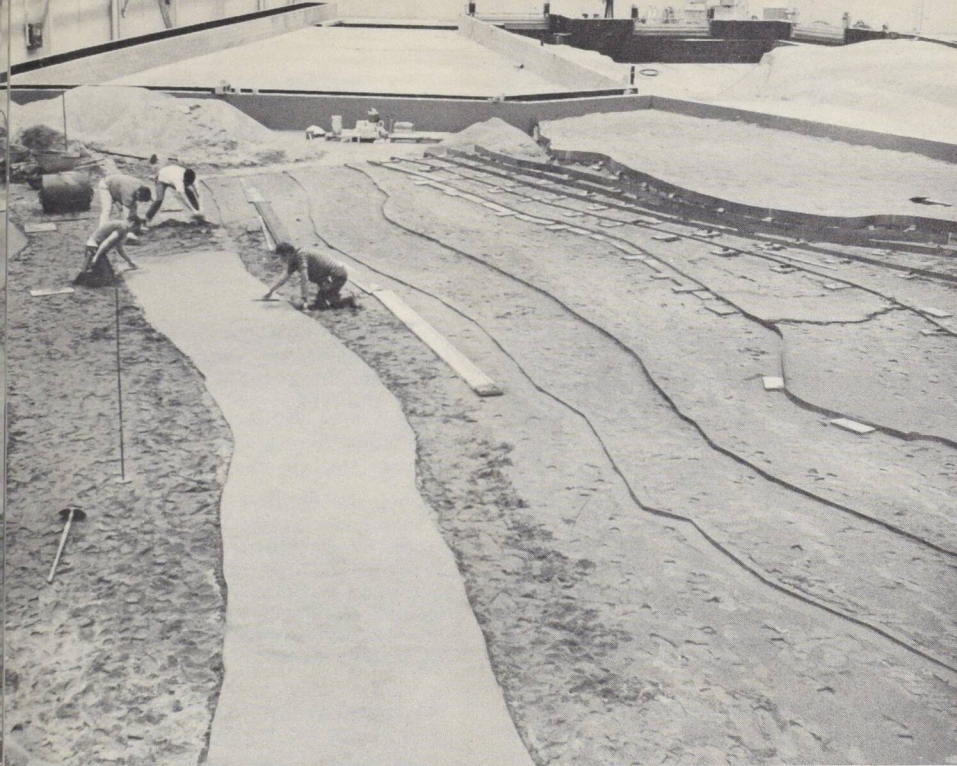
Dr. Ince plans to travel to Visakhapatnam for an on-the-spot inspection. A team of Indian engineers is also expected to pay a visit to the NRC model before actual construction is started.



Above, Waves from a wavemaking machine, top of picture, lap around the calves of a Hydraulics Laboratory technician making adjustments to a wave measuring device located in front of breakwaters of the model of the harbor. Below, Submarine contours showing deposition and erosion after the southwest monsoon are defined in this aerial view of the harbor model.

En haut: une génératrice de vagues du Laboratoire d'hydraulique. Un technicien règle un instrument de mesure des vagues. Derrière lui: la maquette du port et de ses brise-lames. En bas: maquette du port après simulation de la mousson du sud-ouest. Grâce aux courbes de niveau (en blanc), on peut mesurer l'ampleur du transfert des terres arrachées par érosion.





Des techniciens façonnent le fond du port-maquette.

Le Dr Simon Ince et ses collaborateurs mettent en place les éléments de la maquette du port en vue d'un essai dont les brise-lames en grillage et lestés (au premier plan) et l'instrument de mesure des vagues sur trépied (dans le port).

Technicians handcraft model harbor bottom.

Close-up of the harbor model showing Dr. Simon Ince, standing, and members of the Hydraulics Laboratory, preparing for tests. Breakwaters, shown in foreground, consist of a series of wire mesh containers with stone ballast. A wave measuring device is floating inside the breakwaters.



zontal et de 1/80 dans le plan vertical environ six miles de rivage, le relief sous-marin et les éléments artificiels tels que les brise-lames, les jetées, etc.

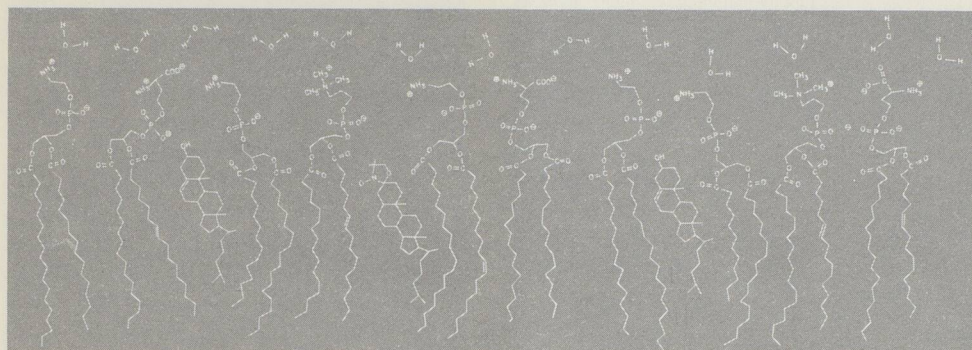
Pour simuler les vagues, les courants qu'elles induisent et le mouvement des sables le long du rivage, on se sert de deux générateurs de vagues d'une longueur de 40 pieds chacun. Des capteurs donnent l'amplitude des vagues et des jauges ponctuelles permettent de mesurer le niveau de l'eau et les variations dans le profil du fond sous-marin. Le sable du rivage est simulé par de la bakélite concassée.

Visakhapatnam étant soumis aux moussons de nord-est et de sud-ouest, il est indispensable de disposer de deux générateurs de vagues. La mousson du sud-ouest est suffisamment forte pour arrêter tous les travaux sur le port entre mai et octobre car elle fait naître une houle longue et puissante venant de très loin qui, à une certaine amplitude et à une certaine fréquence, fait à son tour dériver les sables le long du littoral. Au cours des siècles un certain équilibre naturel entre toutes ces forces s'est établi, raison pour laquelle le rivage a peu varié jusqu'au moment où l'homme, en 1933, a mis en place des brise-lames et a creusé un chenal menant en eau profonde. Malheureusement un chenal peut s'ensabler et, pour prévenir cet ensablement, il a fallu creuser une zone de piégeage du sable sur le côté sud du chenal mais, ce faisant, on a provoqué une accumulation donnant un étranglement qui, à son tour, a mené à l'érosion du côté nord. Pour y remédier, le sable piégé côté sud a été transféré côté nord au moyen d'une conduite flottante. Toutefois on n'a pas pu arrêter totalement l'érosion du fait que la conduite ne peut être utilisée pendant la mousson du sud-ouest et que les mouvements des navires ont augmenté.

L'agrandissement du port impliquant de nouveaux brise-lames, les données du problème s'en trouvent modifiées. "Nous songeons à aménager un second piège, puis, après un certain nombre d'essais simulant les moussons de sud-ouest et de nord-est, nous pourrions déterminer le nouveau tracé du rivage. Nous trouverons donc quel est le volume de sable à pomper et à rejeter au large au cours de la mousson du sud-ouest en un lieu tel qu'il ne revienne pas dans le chenal", nous a dit le Dr Ince.

Le Dr Ince envisage de se rendre à Visakhapatnam pour inspecter la zone portuaire. On attend aussi un groupe d'ingénieurs indiens qui verront la maquette du CNRC avant le commencement des travaux.

Up to the door of the cell an interdisciplinary approach



Schematic of outer half of bilayer in model membrane. The long-chained molecules are phospholipids; the shorter cyclic molecules are cholesterol and spin-labelled (five rings) cholesterol. The model membrane is composed of many such bilayers stacked one on the other.

Schéma des couches bimoléculaires dans la membrane synthétisée. Celle-ci est composée de plusieurs de ces couches entassées les unes sur les autres. Les molécules cycliques sont celles du cholestérol (quatre cycles) ou du radical libre synthétisé à partir du cholestérol; les autres représentent des phospholipides.

"Interdisciplinary" . . . today one of the words most frequently heard at the frontiers of science. Interdisciplinary research crosses established disciplines; it is characterized by the participation of two or more fields of study. This word conjures up ideas of enlarging the scope of experimental techniques and of pooling the know-how and experience of researchers with different scientific backgrounds in order to deal with problems which straddle several fields of science.

The laboratories of the National Research Council of Canada are ideally suited to this approach, having scientists from many different disciplines in close proximity. In fact, a technique which has been developed in the NRC laboratories to study the structure and function of cell membranes demonstrates the advantages of an interdisciplinary approach. Drawing on their

expertise in several domains of science, Dr. Ian C. P. Smith, Dr. Henry Schneider and Dr. Keith Butler of NRC's Biochemistry Laboratory are using a technique which offers a unique opportunity to study at the molecular level how cell membranes are put together and how they carry out their vital tasks. This work could provide a key to understanding the causes of many membrane-associated diseases and thus lead ultimately to their cures.

The three scientists were trained as a chemical physicist, protein physical chemist, and a physiologist, respectively. Their novel method of analysis, an extension of electron spin resonance (ESR) spectroscopy, is based on principles of magnetism and spectroscopy; with it they have extracted information related to the chemical architecture and physiological functions of biological membranes.

Lipids are fatty materials, the esters of fatty acids and sterols such as cholesterol. Together with proteins they make up the major portion of the cell membrane which is a "skin" for the cell, separating it from the environment and preserving its identity as a biological "atom", a distinct basic unit of plant and animal tissue.

The cell membrane is a vital component of every living cell. One of its principal tasks is to control the amount and types of material entering or leaving the cell. Vital functions such as the excitation of muscle and the transmission of messages down a nerve are cell membrane processes. Yet, despite its crucial importance, relatively little is known and understood about the cell membrane.

The technique developed by NRC is particularly interesting since it provides an opportunity to study the role

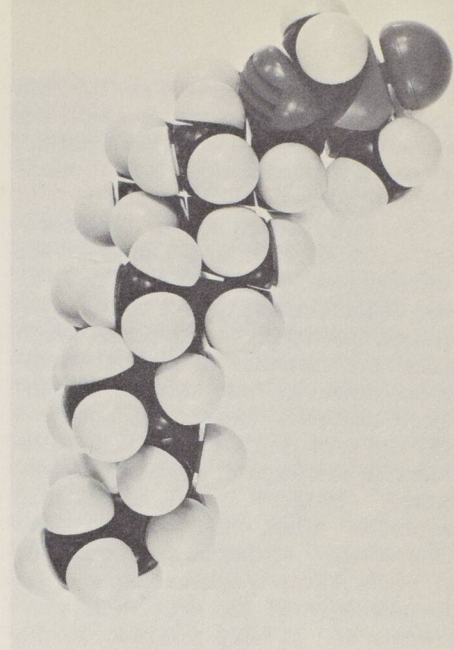
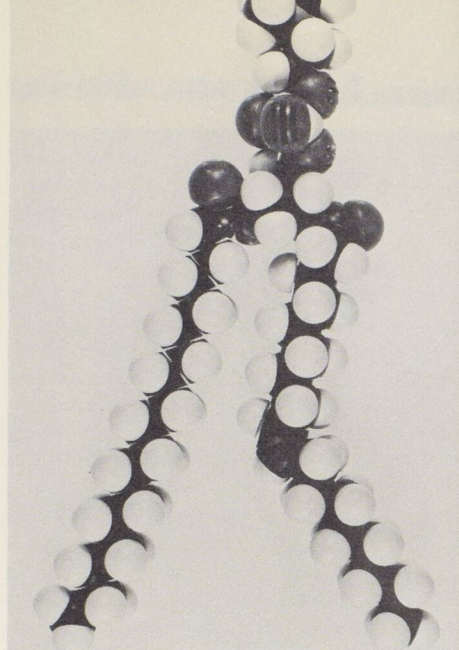
Dr. Ian C. P. Smith and
Dr. Henry Schneider discuss
interpretation of ESR spectrum.



*Le Dr. Ian C. P. Smith et le
Dr. Henry Schneider interprètent le
spectre RSE d'une membrane synthétisée.*

Jusqu'aux portes de la cellule par la voie interdisciplinaire

Modèles d'une molécule de lécithine
(à deux branches)—un des lipides
trouvés dans les membranes—et
d'un des radicaux libres (celui de
cholestane) employés pour obtenir
les spectres RSE.



Models of a fork-tailed molecule of
lecithin, one of the lipids found in
membranes and of the cholestane spin label,
one of the free radical probes used in
ESR experiments to study
membrane structure.

Interdisciplinaire — un mot qui résonne de plus en plus dans les laboratoires les plus progressifs. Il fait penser à la collaboration de chercheurs de formation et d'expériences diverses; il fait penser aux applications inattendues d'instruments et techniques compliqués. C'est un mot qui désigne la possibilité, voire la nécessité de franchir les cloisons qui séparent les domaines scientifiques, domaines établis, après tout, par l'homme lui-même.

Puisqu'on y trouve réunis des chercheurs de presque toutes les disciplines scientifiques, les laboratoires du Conseil national de recherches du Canada sont idéaux pour les recherches interdisciplinaires. Effectivement, une étude actuellement en cours au Conseil national de recherches du Canada, sur la structure et les fonctions des membranes cellulaires démontre très bien les avantages de cette collaboration

interdisciplinaire. Se prévalant mutuellement de leur expertise en plusieurs domaines des sciences, les Docteurs Ian C. P. Smith, Henry Schneider et Keith Butler, du Laboratoire de biochimie ont mis au point une technique qui permet d'étudier tant l'organisation des membranes de cellules que la façon dont elles accomplissent leurs tâches essentielles à la vie. Ces recherches pourraient fournir la clé permettant de dépister les causes de plusieurs maladies associées aux membranes et ainsi d'en trouver les remèdes.

D'après leur formation, les chercheurs sont respectivement chimico-physicien, physicochimiste s'intéressant surtout aux protéines et physiologiste.

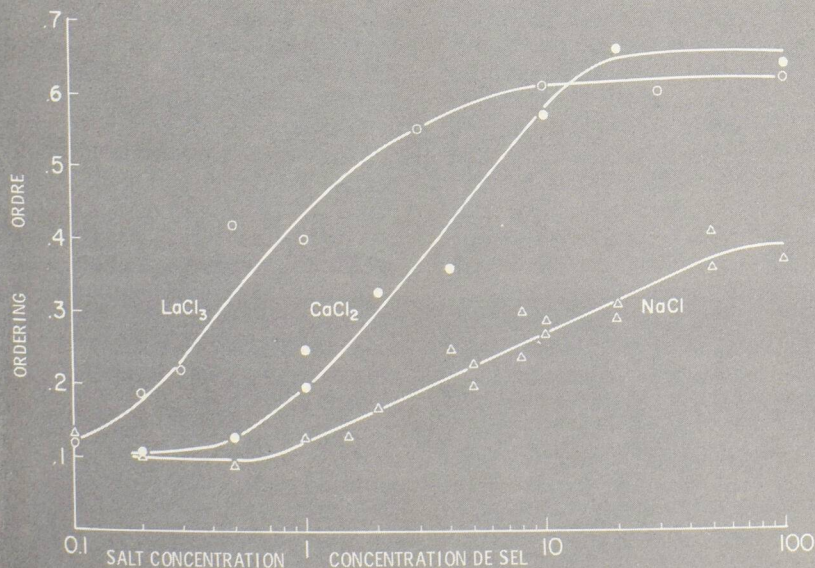
Grâce à leur méthode d'analyse née de la spectroscopie de résonance du spin électronique (RSE) et basée sur le magnétisme et la spectroscopie, ils ont pu élucider l'échaffaudage "chi-

mique" et les fonctions physiologiques des membranes biologiques.

Les lipides sont des matières grasses, plus précisément des esters provenant des acides gras et des stérols tel que le cholestérol. Ils sont, avec les protéines, les composants principaux de la membrane cellulaire. Celle-ci est la peau de la cellule; grâce à elle la cellule reste "atome biologique", unité distincte et fondamentale des tissus de plantes et d'animaux. La membrane est une composante essentielle de chaque cellule vivante car c'est elle qui règle la quantité et les classes de substances qui pénètrent dans la cellule.

En outre, des procédés essentiels à la vie tels que l'excitation des muscles et la transmission des influx nerveux impliquent la membrane cellulaire. Et pourtant, malgré l'importance de ces membranes, on connaît et comprend relativement peu à leur sujet.

Influence de la concentration et de la charge électrique des cations dans un liquide en contact avec des membranes synthétisées sur l'ordre des radicaux libres de cholestane.



Variation in ordering of cholestane spin label with charge and concentration of cations in liquid which is in contact with model membranes.

of the lipid components in the cell membrane, an aspect which could not previously be easily studied. It needed an interdisciplinary approach to clear the way to the door of the cell.

The NRC scientists, in collaboration with Dr. Hermann Dugas of the University of Montreal and Dr. J. C. Hsia of the University of Toronto, synthesized spin-labels — molecules which mimic the structure of natural membrane molecules but contain an unpaired electron. Next they incorporated the spin labels into model membranes in the form of oriented double-layered (bilayer) films of natural membrane lipids, and observed the electron spin resonance spectrum of the labels. This spectrum depends on the properties of the membrane constituents and is very sensitive to the motions of the spin-labels and to their orientation relative to the other components.

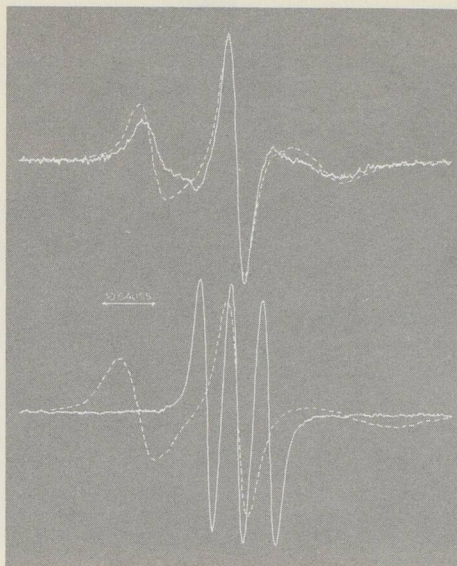
The spectrum obtained when an external magnetic field is applied parallel to the lipid film differs from that obtained when the external field is perpendicular to the stacked lipids. This difference is referred to as the "anisotropy" of the spectrum. Simply put, the greater the spectral anisotropy, the greater the ordering of lipids in the membrane. The shape of the ESR spectral lines, and the distances between them provide the NRC scientists with information on the degree of ordering, fluidity and types of motion of the lipids in the model bilayer films. They can also study the effect of changes in charge density at the surface of the model membrane.

The model membrane is a much simpler object for biological studies than are red blood cells or bacteria with their myriad proteins and lipids. Moreover, it has become apparent that the bilayer films formed by lipids or their analogues have many structural and dynamic properties in common with real membranes. Results from the models have been a powerful means of shedding new light on biological membrane structure and function.

The ESR spectroscopy method permits examination of the lipids in the model membranes as they participate in reactions similar to those occurring through or at real membranes. The spin-label technique enables the NRC researchers to follow how membrane organization is affected by materials which are transported through membranes, as well as by drugs whose site of action may be a membrane.

For example, ions are known to have profound effects on biological membranes. ESR spectroscopy tests at NRC showed that inorganic posi-

membrane



Effect of cholesterol on orientation of spin label. Solid and dashed lines denote spectra obtained with the films perpendicular and parallel to the applied magnetic field, respectively. Note that anisotropy increases from upper spectra (beef brain lipids) to lower spectra (same lipids with cholesterol added) indicating increase in order of spin labels and hence of lipids in the film.

Influence du cholestérol sur l'orientation des radicaux libres. On voit les spectres RSE lorsque le champ magnétique est appliqué en sens parallèle (lignes en tirets) et perpendiculaire (lignes courbes) au film. A noter, l'augmentation de l'anisotropie en passant des spectres supérieurs (lipides du cerveau de boeuf) aux spectres inférieurs (mêmes lipides avec cholestérol), ce qui indique une augmentation de l'ordre des radicaux libres et, par conséquent, des lipides dans le film.

tively-charged ions increase the spectral anisotropy in model membranes of lipids from beef brain to an extent dependent on their charge. The ordering influence of the ions was found to depend on the concentration and valence of the cation, as well as upon the net negative charge on the lipids. Negatively-charged ions, however, do not seem to play a major role, it was revealed in similar tests. The spectra suggest that inorganic positive ions can affect the way in which lipids are organized in a layered structure; this supports the theory that ion-induced changes in membrane structure are crucial to some membrane processes.

The NRC tests have also provided insight into the function of cholesterol, a common constituent of mammalian membranes, whose function is not understood and which has been implicated in hardening of the arteries. Cholesterol was found to exert a marked effect on the order and motion of lipids. Sterols with a similar structure are also found in vascular plants, algae, fungi and micro-organisms. The

NRC team observed that such sterols increase the ordering of the spin-label and hence that of the lipids in the layers. These results have led the scientists to suggest that a prime biological function of cholesterol and structurally-related sterols in membranes is related to the ability to stiffen and orient lipids in a bilayer structure.

If cholesterol, the sterol found in vertebrates, the sterol found in models of plant membranes would the ordering effect still occur? And conversely, could the sterols found in plants influence lipids from animal cell membranes? A "criss-cross" experiment to answer these questions involved studying cholesterol with morning-glory lipids and plant steroids with beef brain lipids. The conclusion was that if a sterol bore sufficient resemblance to cholesterol it could induce ordering in films prepared from polar lipids of either plant or animal origin. It appears that the sterol needs a planar steroid structure and a single hydroxyl group in a particular position (3β) in the molecule to provoke the ordering effect.

In a third series of experiments, membrane-active drugs were investigated with a view to finding out how they act in the body. Polyene antibiotics (drugs whose molecules contain several double bonds) and steroids known to alter the ionic permeability of natural and model membranes were studied to see if these effects could be correlated with the ordering or disordering of membrane layers. A number of drug-induced organization changes were found. The size of the change depended on the source or nature of the lipid. The properties of membrane lipids differ depending on the type of organism from which they come (e.g. bacterial or mammalian cells). These results provide additional insight into why a drug may affect one type of bacterium and not another, and may lead to facilitating drug design.

Now that insights have been obtained on the behavior of membrane lipids in the simple model system and on the influence of membrane-active substances which cause changes in their organization and disorganization, the next step will be to apply this approach to a "living and breathing" biological membrane. This extension is now underway.

Changes in cell membranes are thought to be involved in many illnesses and diseases. This work, which has provided new understanding into the structure and function of cell membranes, may well prove useful in understanding the causes of these conditions.

La technique mise au point au Conseil se révèle d'un intérêt particulier car elle permet d'étudier les lipides dans la membrane, ce qui était jusqu'ici extrêmement difficile. Mais c'est devenu réalisable grâce aux recherches interdisciplinaires.

Les chercheurs du Conseil, en collaboration avec le Dr Hermann Dugas de l'Université de Montréal et le Dr C. Hsia de l'Université de Toronto, ont d'abord synthétisé des radicaux libres semblables à des molécules des membranes biologiques mais qui contiennent un électron non apparié, puis ont incorporé ces radicaux libres dans des films orientés sous la forme de couches bimoléculaires de lipides de membranes biologiques. Ensuite ils ont observé le spectre de résonance à spin électronique (RSE) des radicaux libres. Le spectre RSE dépend des propriétés des espèces constitutives de la membrane; il est très sensible aux mouvements des radicaux libres et à leur orientation par rapport aux autres composantes.

Or, le spectre qu'on obtient lorsque le champ magnétique est appliqué en sens parallèle au film de lipides ne ressemble pas à celui obtenu quand le champ est perpendiculaire au plan de la couche de lipides. Cette différence s'appelle "l'anisotropie" du spectre. Bref, l'anisotropie spectrale augmente avec l'ordre des lipides dans le film et, en général, une très grande anisotropie se traduit par une organisation très nette des lipides dans la membrane.

Selon la disposition des raies du spectre RSE et la distance qui les sépare, les chercheurs du CNRC étudient les membranes synthétisées de lipides quant à leur organisation moléculaire, leur fluidité et les modifications dans la concentration de charges électriques à la surface de la membrane.

Étudier une membrane synthétisée est beaucoup plus facile que d'examiner des globules rouges ou des bactéries, qui, eux, renferment des myriades de protéines et de lipides. D'ailleurs, il est maintenant évident que les couches bimoléculaires fabriquées au laboratoire à partir de lipides ou de leurs analogues reflètent maintes propriétés tant dynamiques que structurales des membranes biologiques. Les résultats recueillis ainsi se montrent d'une très grande importance dans l'élaboration de l'organisation et de l'activité des cellules vivantes.

Au moyen de la nouvelle méthode, les trois chercheurs sont à même d'examiner les lipides dans les membranes synthétisées non seulement fixes mais également lors des réactions analogues à celles qui se produisent chez les

membrane...

membranes biologiques *in vivo*. De cette façon ils ont réussi à suivre les modifications apportées à l'organisation des membranes par des substances qui les pénètrent de même que par des produits pharmaceutiques dont le lieu d'action peut être la membrane.

À titre d'exemple, on sait que les ions exercent des influences profondes sur les membranes biologiques. Selon la nouvelle méthode d'analyse, dans des membranes synthétisées à partir de lipides de cerveau de boeuf, les ions positifs augmentent l'anisotropie spectrale en fonction de leur charge électrique. En effet, ce sont la concentration et la valence des ions ainsi que la charge négative des lipides eux-mêmes qui mettent en ordre la couche bimoléculaire. Par contre, les ions négatifs, semble-t-il, ne jouent pas de rôle déterminant. D'après les spectres RSE alors, les ions positifs des substances inorganiques peuvent influencer sur l'organisation des films de lipides, ce qui étaye l'hypothèse suivante: pour le déroulement de certains procédés dans la membrane cellulaire, les changements de structure occasionnés par la présence des ions sont d'une extrême importance.

On a également étudié les fonctions du cholestérol, composant ordinaire des membranes cellulaires chez les mammifères dont le rôle n'est pas élucidé mais qui a été impliqué dans la sclérose des artères. On a trouvé que le cholestérol peut exercer une influence importante sur l'ordre et le mouvement des lipides. D'autres stérols de structure semblable se trouvent aussi dans les plantes vasculaires, les algues, les champignons et les micro-organismes. Les trois chercheurs ont observé que grâce aux stérols la disposition des radicaux libres introduits et, par conséquent, celle des lipides dans le film est plus régulière. À la lumière de ces résultats les chercheurs suggèrent que la fonction biologique principale que remplissent le cholestérol et ses analogues dans la membrane est associée justement à cette capacité d'aligner les lipides dans la couche bimoléculaire de la membrane.

Ici, deux questions se posent. Le

cholestérol, stérol des vertébrés, peut-il mettre en ordre les lipides des membranes synthétisées à partir des plantes? Et les stérols des plantes, peuvent-ils influencer les lipides des membranes cellulaires d'origine animale? Pour répondre à ces questions, les chercheurs ont étudié l'influence du cholestérol sur des lipides du volubilis des jardins et ensuite celle de certains stérols sur des lipides provenant du cerveau de boeuf. Ils ont conclu que si le stérol ressemble suffisamment au cholestérol, il peut mettre en ordre les lipides polaires du film quelle que soit leur origine. Pour ce faire il semble que le stérol doive avoir non seulement une structure comme celui d'un stéroïde et situé dans un seul plan, mais aussi un groupement hydroxyle à une position particulière dans la molécule.

Dans une troisième série d'expériences, on a étudié les produits pharmaceutiques qui agissent sur les membranes afin de trouver leur mode d'action dans l'organisme. Des recherches sur certains antibiotiques dont les molécules accusent plusieurs liaisons doubles, ainsi que sur des stéroïdes qui modifient la perméabilité ionique des membranes biologiques et synthétisées avaient pour but de déterminer si on peut mettre ces effets en rapport avec la mise en ordre ou en désordre des couches de la membrane. On a observé certaines modifications de structure dues aux produits pharmaceutiques et dont l'avancement dépend de la nature et de l'origine du lipide. Or, les différences de propriétés chimiques des lipides situés dans des membranes dépendent de leur origine (soit cellules des mammifères, soit cellules des bactéries). Pourquoi une certaine bactérie est-elle influencée par un produit pharmaceutique donné tandis qu'une autre ne l'est pas? Ces expériences permettent de mieux répondre à cette question et peuvent à la longue faciliter la conception et la synthèse de ces produits.

En ce qui concerne les simples membranes synthétisées, on comprend beaucoup mieux maintenant le comportement des lipides constitutifs et l'influence des substances agissant sur la membrane et qui modifient l'ordre de ces lipides. Ce qui reste à faire dans l'immédiat, c'est d'appliquer la nouvelle méthode aux cellules biologiques vivantes. On a déjà commencé ce travail.

On croit que les modifications de la membrane cellulaire entrent en jeu dans plusieurs maladies. Ces recherches interdisciplinaires effectuées au Conseil pourraient s'avérer très utiles pour comprendre les causes de ces maladies.

Jet-age hail hunting over Alberta's foothills

Central Alberta is considered to be the worst place in Canada for hail-storm damage. Each summer thunderclouds form when Pacific cold, moist air cascades over the Rockies to mix with hot dry prairie air. These rain-hail producing storm clouds (cumulonimbus as they are known technically) grow in intensity and size as they move eastward. At their peak they may tower nine miles vertically, be 15 miles in breadth and be moving at speeds up to 40 miles an hour. The discharge of hailstones from such formations (in sizes up to baseballs) destroys between \$20,000,000 and \$30,000,000 in farm crops annually and causes additional hundreds of thousands of dollars in property damage.

Since 1957, one of the world's foremost hail research groups, the Alberta Hail Studies Project, working under the general direction of the Research Council of Alberta, has been studying the behavior of hail storms. It seeks a weak link in the development of hailstones that might be interfered with to eliminate or at least minimize damage from large hailstones. Today after 13 years of studies, the first 10 devoted to basic research, this 50-man team of government and university scientists and technicians feels it is on the verge of a major breakthrough in hailstorm control.

The team is currently evaluating data obtained last summer when a National Research Council of Canada jet aircraft was used to fire silver iodide flares at precise positions within hail-producing thunderclouds. This method

is similar to Russian methods of firing silver iodide bearing missiles from the ground and is more precise than earlier Canadian experiments in which an aircraft flew through and burned flares in the updrafts of storm clouds.

These updrafts often attain vertical speeds of up to 60 miles an hour. They carry moisture far above the freezing level. This moisture does not freeze but becomes supercooled — it becomes far colder than the freezing temperature of water yet remains unfrozen. When this cold moisture contacts minute particles of ice which are also present in the cloud, the contacting moisture instantly freezes onto the ice particle. The enlarged particles of ice present larger freezing surfaces to the supercooled moisture and a cycle is born which is the process of hailstone formation.

In last summer's experiments, a T-33 jet, operated by NRC's National Aeronautical Establishment, was directed by ground radar and computer analysis of the storm cloud interior to fire a series of flares into specified target zones. These flares produce trillions of silver iodide particles which are similar in structure to the ice crystals found in the clouds, and the supercooled moisture reacts to them in the same way.

The effectiveness of silver iodide cloud seeding is not yet fully determined. One general theory of hail suppression holds that by seeding the secondary or developing cloud so many more small freezing surfaces are sucked into the main cloud by the updraft that all the supercooled moisture

gets used up before the solid particles can grow to dangerous sizes. It is this theory that the Alberta experiments are based on.

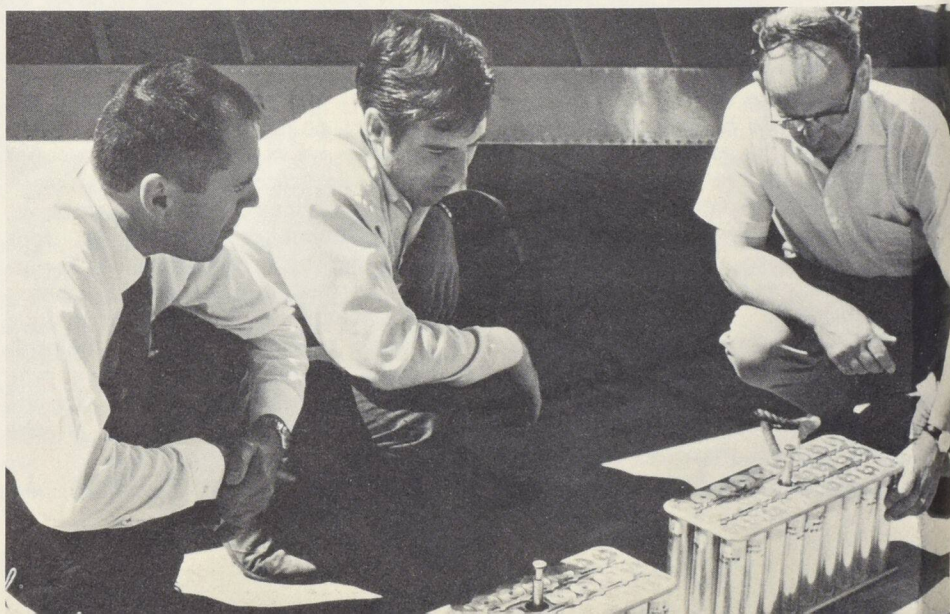
While scientists are unable to agree on the effectiveness of cloud seeding in reducing hail damage, or even if it has any effects at all, such doubts don't exist with Graeme Mather, meteorologist with NAE who, with Dennis Treddenick was at the controls of the T-33 during the seeding operations.

"We have seen that when a cloud is seeded it seems to literally explode," Mr. Mather says. "On one occasion a small target cloud almost completely disappeared about 20 minutes after seeding."

The 1970 test results are so encouraging that Dr. E. J. Wiggins, Director of the Research Council of Alberta, is planning to push ahead with more extensive experiments in 1971 from the project's permanent base at Penhold, 80 miles north of Calgary.

The Alberta Research Council, with permanent headquarters at Edmonton where a full-time staff of seven is maintained to analyze data and plan future operations, is the main supporter of the project and also is the main research contributor. Of the 1970 total project budget of \$400,000, it contributed \$226,000. Technical support provided by NRC is valued at some \$65,000, while the Canadian Meteorological Service paid \$110,000 for salaries and equipment at Penhold, and for work at various universities during the winter.

D. F. Daw, left, Dennis Treddenick and E. P. Williams, members of the NRC cloud seeding team, load pyrotechnic flare rack prior to the start of a seeding mission.



De gauche à droite: D. F. Daw, Dennis Treddenick et E. P. Williams, tous du CNRC, préparent les cartouches d'iodure d'argent avant une mission.

De l'iodure d'argent, un avion, et plus de gros grêlons!

De toutes les régions du Canada, c'est le centre de l'Alberta qui est le plus touché par la grêle car, chaque été, des orages violents s'y forment lorsque l'air froid et humide du Pacifique, franchissant les Rocheuses, entre en contact au-dessus des Prairies avec l'air très chaud et très sec venant du sud. Ces nuages, générateurs de pluie et de grêle, croissent en intensité et en volume à mesure qu'ils progressent vers l'est. Ils peuvent atteindre quatorze mille mètres de hauteur, avoir approximativement 25 kilomètres de large et se déplacer à des vitesses pouvant atteindre 70 kilomètres à l'heure. La grêle, provenant de formations nuageuses de cette importance, et dont la dimension peut atteindre celle de balles de baseball, occasionne chaque année aux récoltes des dégâts se chiffrant entre vingt et trente millions de dollars auxquels il faut ajouter des centaines de milliers de dollars de dommages aux propriétés bâties.

Pour étudier le comportement de ces orages et la formation de la grêle, le Conseil de recherches de l'Alberta, sous la direction générale du CNRC, a lancé en 1957 un programme de recherches qui ont été confiées à un groupe de scientifiques considérés comme étant à la pointe des connaissances dans ce domaine. Aujourd'hui, après treize ans d'études dont les dix premières ont été consacrées à la recherche fondamentale, cette équipe de cinquante scientifiques et techniciens relevant de l'État et de l'Université pense être à la veille d'une découverte importante qui permettra de lutter contre ce fléau.

Ils étudient actuellement les données recueillies au cours de l'été dernier par un avion à réaction, du Conseil national de recherches du Canada, qui a été utilisé pour lancer des charges d'iodure d'argent en des points bien précis à l'intérieur de nuages de grêle. Cette méthode peut être comparée à celle qui consiste à lancer du sol des fusées chargées d'iodure d'argent mais elle est toutefois plus précise que celle où un avion traversait ces nuages en lançant des charges, quelque peu au hasard, dans les ascendances.

Dans ces ascendances, le vent peut atteindre une vitesse verticale de 100 km. à l'heure de sorte que la vapeur d'eau étant emportée très vite vers les hauteurs froides de l'atmosphère, il y a condensation suivie très rapidement du gel des gouttelettes d'eau. La vitesse de montée étant très élevée, il arrive que les gouttelettes ne sont pas encore toutes entièrement gelées alors que la température ambiante est déjà inférieure à la température de congélation. Le contact de ces gouttelettes avec de la glace déjà formée donne un refroidissement rapide et, de ce fait, le grêlon s'augmente du volume d'eau congelé à son contact. Le processus se répète à chaque rencontre de gouttelettes et c'est ainsi que certains grêlons peuvent atteindre des grosseurs exceptionnelles.

Pour les expériences de l'été dernier et après observations faites à l'aide d'un radar au sol et analyse des résultats à l'ordinateur pour déterminer les zones de gel le plus intense, un T-33 de l'Établissement aéronautique national (EAN), organisme relevant du CNRC,

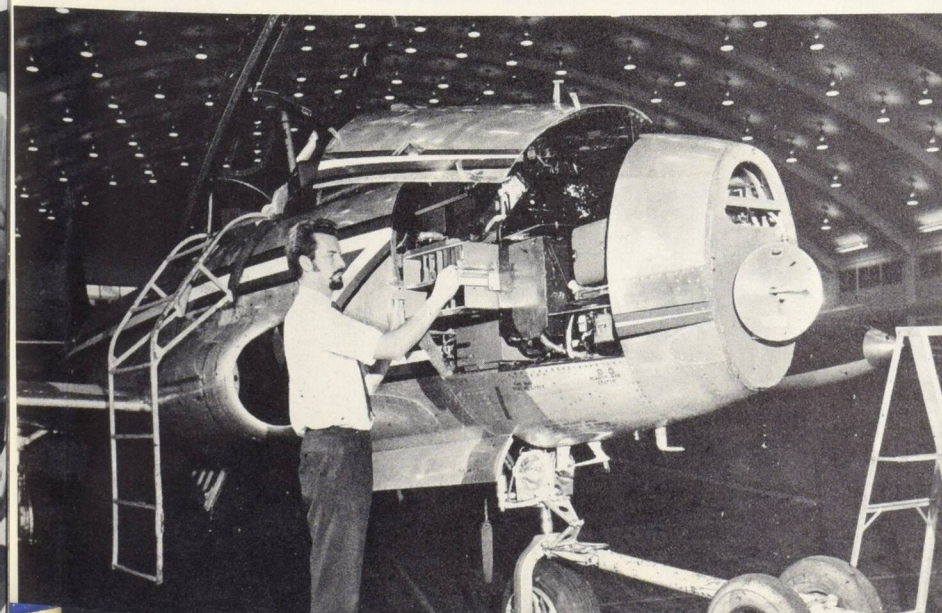
a été envoyé à l'intérieur du nuage pour y lancer une série de charges aux endroits appropriés. Ces charges ont libéré des milliards de particules d'iodure d'argent, dont la structure est similaire à celle des cristaux de glace et qui ont provoqué le gel des gouttelettes d'eau au contact des particules et évité la formation de gros grêlons.

Bien que les scientifiques ne reconnaissent pas tous l'efficacité de cette méthode pour réduire les dégâts causés par les gros grêlons et que certains la tiennent même pour inefficace, Graeme Mather, météorologiste à l'EAN et Dennis Treddenick qui étaient tous les deux aux commandes du T-33 lors des opérations d'ensemencement n'ont, quant à eux, aucun doute sur cette efficacité. Citons-les: "Nous avons constaté qu'après ensemencement le nuage avait semblé littéralement exploser. Une autre fois, un nuage de moindres dimensions s'est presque totalement volatilisé environ vingt minutes après l'opération."

Les résultats des expériences de l'été dernier ont encouragé M. E. J. Wiggins, Directeur du Conseil de recherches de l'Alberta, à en préparer de nouvelles, plus importantes, pour 1971, à partir de la base permanente de Penhold, à 80 miles au nord de Calgary.

Le Conseil de recherches de l'Alberta est le principal intéressé du programme auquel il a consacré 226 000 dollars sur un budget total de 400 000 dollars pour l'année 1970. La part du CNRC a été équivalente à 65 000 dollars, le Service météorologique canadien a, de son côté, payé 110 000

Graeme Mather, de l'EAN, et le T-33 à l'aéroport d'Uplands. Le radome ayant été enlevé, on peut voir le radar.



NAE's Graeme Mather and T-33 in hangar at Uplands Airport. Nose cone has been removed showing radar unit.

hail hunting

The Research Council of Alberta has the responsibility for organizing and operating the summer operations at Penhold as well as designing and evaluating the cloud seeding experiments. Much of the analysis of the field operations, as well as theoretical work on hailstorms and hailstone growth, is conducted by the Stormy Weather Group at McGill University under contract to the Canadian Meteorological Service. The Meteorological Service also provides broad operational support for the group in the form of forecasting services, personnel and equipment.

The National Research Council, in addition to providing the radar-equipped T-33 jet aircraft and a six-man aircraft support group, supplies the project's key piece of equipment — a ground weather radar system. NRC's Radio and Electrical Engineering Division has developed this radar to the point where its many unique features make it ideal for hail storm study. One of these is its ability to take ascending slices through a cloud to obtain a three-dimensional echo pattern of a thunderstorm. The radar has a range of 100 to 150 miles.

Snowflakes, raindrops or hailstones all serve as good targets to bounce back radar waves. The time for the echo to return to the antenna is measured electronically and then converted into a distance from Penhold. The storm's position is displayed on a circular TV screen. Polaroid pictures of the screen are taken every 20 minutes and then projected onto a large geographical map of the project area. In this way an up-to-the-minute plot of the storm track is maintained.

Another three cameras are continuously photographing other displays of the radar information. The miles of film accumulated during the summer provide the archival data records which are then used for later detailed storm analysis.

A specially-instrumented meteorological research aircraft carrying a three-man scientific team from the university of Wyoming has been used for the last three years to fly under storm clouds to make measurements in the air flow feeding the storm, just below the cloud base. Data is recorded in digital form on magnetic tapes. Pertinent information is radioed back to Penhold where it is telexed to Edmonton and run through a computer. In minutes back come graphs of the up-draft, temperature and liquid water

content in the storm's interior.

This data enables ground control to establish the level at which cloud seeding should take place. In a typical seeding operation Mr. Mather takes his plane up to 30,000 feet about 30 minutes before a storm is due over the area. He orbits the storm, observes its development and determines if it is seedable. If ground control concurs, and he has been given instructions on the level for seeding, he ignores the fully developed storm cloud, identified by its extreme height and anvil-shaped top or turret, in favor of the newly developing part of the storm cloud. Flying at a speed of around 500 feet per second, he has about 30 seconds to drop his flares into the top of the turret. Each flare has a one-minute delay allowing it to drop 8,000 feet before beginning a 30-second burn of silver iodide.

On the ground, once a storm path is predicted, a fleet of instrumented trucks is deployed along the predicted route to collect rain and hail samples and make various other meteorological measurements. They are constantly repositioned by radio information from Penhold as the storm position shifts.

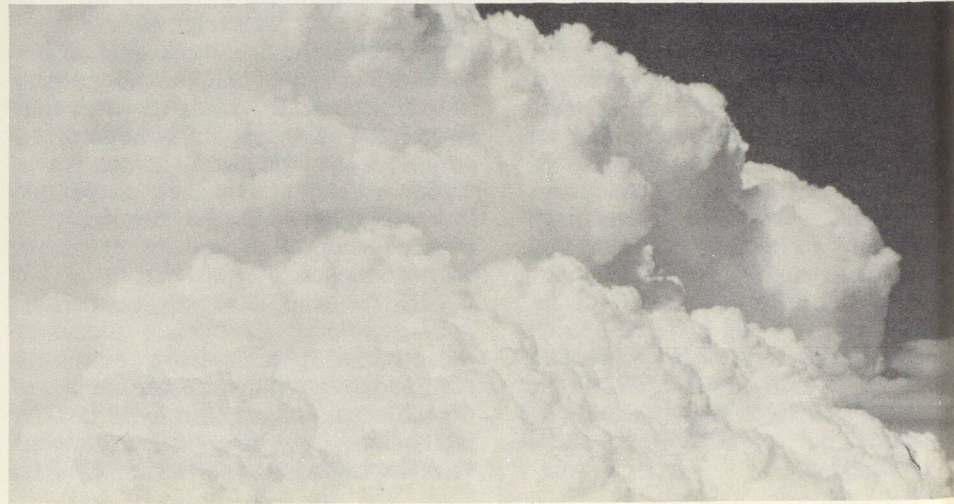
Another vehicle takes up a position

several hours in advance of the storm to record the phenomena that precedes a hail shower. A truck, bearing movie cameras is positioned to permit the filming of the cloud movement from a distance of 40 miles. Still another, manned by atmospheric physicists from the Saskatchewan Research Council, measures the electrical activity associated with hailstorms.

Essential to the study are reports from farmers in the area. Since 1951 over 43,000 reports detailing where when and how much hail fell in any given storm have been recorded on tape. This body of data is by far the largest of its kind in existence and has proven vital both for the basic research studies and for cloud-seeding evaluation.

Field Co-ordinator Dr. Peter Summers of the Alberta Research Council estimates that enough data is collected in one experiment to keep a laboratory worker busy for three months.

"We are now in a position to conduct some really meaningful experiments with cloud seeding," he says. "And we have the best chance of anyone in the world of detecting what effects, if any, are produced by cloud seeding."



Above, Aerial photograph taken by T-33 crew of new storm development, right foreground, just before seeding.
Below, the new development on southern flank of storm just after seeding.

*En haut, photographie, prise du T-33, de la partie en "choux-fleurs" qui va recevoir l'iodure d'argent.
En bas, vue de la même partie du nuage après action de l'iodure d'argent.*



... gros grelons!



Le T-33 modifié porte les cartouches d'iodure d'argent dans le conteneur fixé sous le fuselage.

An airborne view of the modified T-33 shows silver iodide flare pod on the aircraft's underbelly.

ollars pour les salaires et le matériel nécessaire aux travaux exécutés à Penhold, dans diverses universités pendant l'hiver et au siège central d'Edmonton où sept personnes travaillent à plein temps à l'analyse des résultats et à la préparation des futures expériences.

Le Conseil de recherches de l'Alberta est chargé de l'organisation et de l'exécution des travaux pendant l'été, à Penhold, ainsi que de la préparation des expériences d'ensemencement et de l'analyse des résultats. Les expériences proprement dites, de même que les travaux théoriques sur les orages de grêle et la formation des grêlons sont en grande partie exécutés par le Groupe d'études des orages (Stormy Weather Group), de l'Université McGill, sous contrat du Service météorologique canadien qui lui apporte également une aide importante en lui communiquant des prévisions météorologiques et en lui fournissant personnel et matériel.

En plus du T-33 équipé d'un radar et de six hommes assurant l'entretien de l'appareil, le Conseil national de recherches fournit l'équipement-clé, c'est-à-dire un radar météorologique au sol. La Division de génie électrique du CNRC a perfectionné ce radar au point qu'elle en a fait un instrument idéal et sans pareil pour l'étude des orages de grêle. Un de ces perfectionnements lui permet de donner une image tridimensionnelle des couches de grêle durant leur montée sous l'action des ascendances violentes. La portée du radar est de 160 à 250 kilomètres. Les flocons de neige, les gouttes de pluie ou les grêlons constituent de bons réflecteurs des ondes radar. La

durée du trajet aller et retour de l'onde est mesurée électroniquement et donne ensuite la distance séparant Penhold de l'orage dont l'emplacement géographique apparaît sur un écran cathodique circulaire. L'écran est photographié à l'aide d'un appareil Polaroid toutes les vingt minutes et les images obtenues sont ensuite projetées sur une grande carte géographique de la région étudiée. On peut ainsi suivre minute par minute le trajet suivi par l'orage.

Trois autres appareils photographiques donnent en permanence des images de six autres écrans radar. Les kilomètres de film accumulés pendant l'été permettent de constituer les archives des données qui seront ensuite utilisées pour une analyse détaillée du phénomène aérologique.

Un avion de recherches météorologiques spéciales transportant une équipe de trois scientifiques de l'Université du Wyoming a été utilisé au cours des trois dernières années pour voler juste en-dessous de la base des nuages et mesurer les courants alimentant l'orage. Les données techniques sont enregistrées numériquement sur bande magnétique. Les renseignements importants sont transmis par radio à Penhold et relayés par telex à Edmonton où ils sont introduits dans un ordinateur. En l'espace de quelques minutes on obtient les courbes caractérisant l'ascendance, les températures et le volume d'eau liquide de l'intérieur de l'orage.

Ces données permettent à la base de déterminer l'altitude à laquelle l'ensemencement des nuages doit avoir lieu. Lors des opérations, M. Mather amène

son appareil à l'altitude de 9 000 mètres, environ 30 minutes avant l'arrivée de l'orage au-dessus de la région; il le contourne, surveille son développement et décide s'il y a lieu de l'ensemencer. Si la base est d'accord et s'il a reçu des instructions quant à l'altitude à laquelle il doit ensementer, il néglige la partie développée du nuage (identifié par son extrême hauteur et son sommet en forme d'enclume), en faveur de celle qui est en cours de formation. Volant à une vitesse d'environ 540 kilomètres à l'heure, il dispose d'environ 30 secondes pour lâcher ses charges sur le sommet de l'enclume. Chaque charge est munie d'un dispositif à retardement permettant une chute libre de 3000 mètres avant la libération des particules d'iodure d'argent durant 30 secondes.

Dès qu'on a prévu le trajet que suivra l'orage, l'équipe au sol déploie le long de ce trajet une flotte de camions équipés d'instruments afin de recueillir des échantillons de pluie et de grêle et de procéder à diverses mesures. Ces camions se maintiennent en liaison radio avec Penhold qui les déplace en fonction des changements de direction de l'orage.

Un autre véhicule prend position plusieurs heures avant l'orage pour enregistrer les phénomènes qui précèdent la grêle. Un camion portant une caméra est placé de façon à pouvoir filmer le mouvement du nuage d'une distance de 60 kilomètres environ. Un autre véhicule, occupé par des physiciens de l'atmosphère et appartenant au Conseil de recherches du Saskatchewan, mesure l'activité électrique liée au phénomène.

Les rapports des fermiers de la région constituent un élément essentiel de l'étude. Depuis 1957, près de 43 000 de ces rapports indiquant le lieu, la date et la quantité de grêle tombée lors d'un orage donné, ont été envoyés et enregistrés sur bandes magnétiques. Cette somme de renseignements est de loin la plus importante dont on dispose actuellement et elle s'est révélée inestimable pour les recherches fondamentales et l'analyse des résultats produits par l'ensemencement.

Le Dr. Peter Summers, coordonnateur des expériences au Conseil de recherches de l'Alberta, estime que les données recueillies au cours d'une expérience suffisent à occuper un chercheur pendant trois mois. "Nous nous trouvons maintenant en mesure d'effectuer des expériences significatives en matière d'ensemencement et nous sommes certainement les mieux placés au monde pour en détecter les effets," nous a-t-il confié.

New era in transportation -- a cushion of air

An ACV may look like something from outer space, but this contemporary, versatile new vehicle is quite down to earth in some transportation areas.

Supported above the surface over which it is travelling by a self-generating pressurized cushion of air, the ACV — or air cushion vehicle — can overcome many of the adverse conditions presented by certain land, water and ice surfaces. For this reason, these vehicles, once they are developed, may be of particular importance in areas of Canada where certain types of terrain and other surfaces impose serious transportation burdens and limitations.

Of Canada's total area of 3.8 million square miles, the Arctic alone comprises 1.3 million square miles, more than a third of the whole of Canada. Muskeg, covers 12 per cent of the land area; some 48 per cent is wooded and inland waters form nearly eight per cent of the total area of the country.

Against this background, an extensive network of shipping, pipelines, highways, railways and airways have been developed to serve a scattered population of over 20 million people. But technological change in all forms of transport is continuing. To meet the needs of this developing country's resources in these difficult conditions, new operating techniques and specially designed vehicles have emerged. A recent example is the snowmobile, a

Canadian development which serves both as a functional and amusement vehicle.

Possibly the earliest reference to the ground effect machine, or air cushion vehicle, was made by the Swedish scientist and philosopher, Emanuel Swedenborg in 1716. His proposal for a ground effect machine was a domed, elliptical, light wooden frame covered with canvas, which looked very much like a giant flying bug, the only difference being that it couldn't get off the ground. This, Swedenborg left to future generations.

In 1876, John B. Ward of California obtained a U.S. patent on a machine which had two supporting and one steering wheel. To elevate the machine Ward used a series of blowers encased in the side of the machine which obtained air from side openings and discharged it vertically through base openings.

The 19th century saw sporadic attempts to reduce the frictional resistance of ships by introducing air beneath the hull. However, activity increased in the 20th century. For example, in 1916, Dagobert Muller Von Thamamhul of Austria constructed an air cushion torpedo boat which reached a speed of 40 knots on trials. But nothing further seems to be known about it.

In Canada, J. C. M. Frost did basic ACV research work at Avro Limited

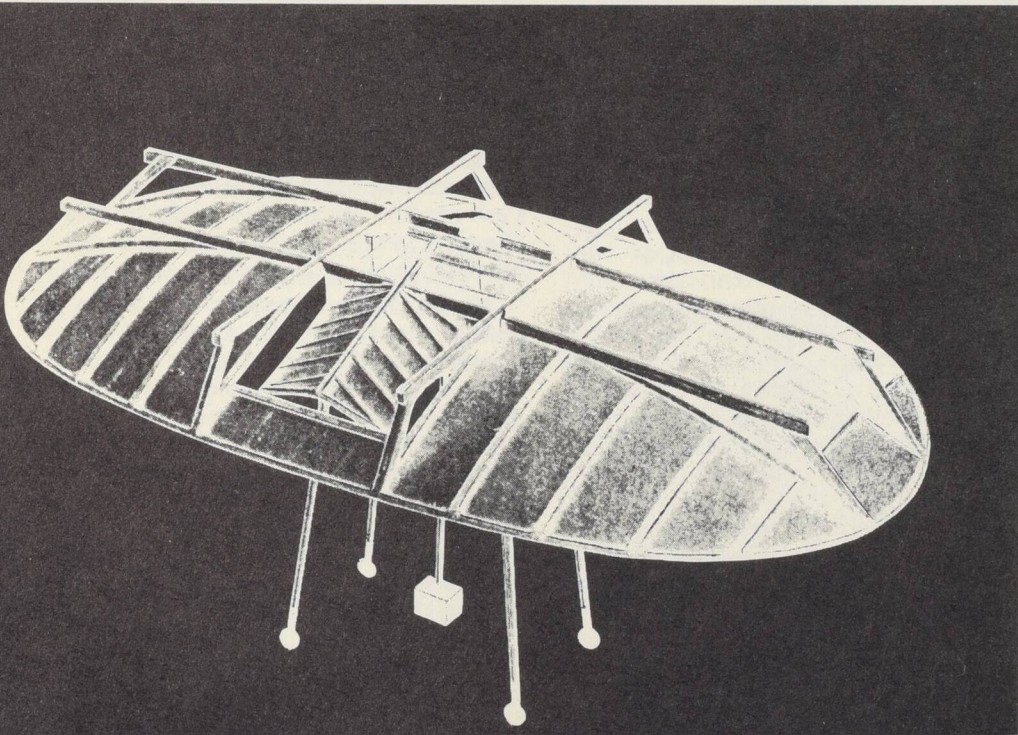
in the early 1950s. Later, Canadair Limited built a test vehicle for the investigation of recirculating lift systems. In 1953, an English electronics engineer, Christopher Cockerell, turned to hydrodynamics, with particular reference to the reduction of skin friction drag.

Pursuing the idea of side keels, or sidewalls, as the means of preventing the air from escaping laterally, one of his models included a centrally supplied cushion of air contained by hinged trailing doors fore and aft. The power required to replace the hinged doors by thin water curtains was difficult to assess, so Cockerell substituted an inward facing air curtain. He then constructed an annular nozzle and test results proved encouraging, indicating that a cushion of air could be contained by an annular jet and that a lift force could be obtained several times greater than that of the jet alone. In 1956, Cockerell obtained support for his idea from the Ministry of Supply and the next year the Ministry placed a contract with Saunders-Roe for towing tank tests. The Saunders-Roe study showed the hovercraft concept, as it then became known, to have great potential. The project was declassified in 1958, freeing Cockerell to approach the National Research Development Corporation (N.R.D.C.) which provided financial support. N.R.D.C. then formed Hovercraft Development Limited to initiate, control and organize development work. A contract was placed with Saunders-Roe to design and manufacture a full-scale craft, which made its first public appearance in June of 1959.

The National Research Council of Canada's involvement in air cushion vehicles dates to the early 1960s when requests were received to undertake work in this field on high-speed ferries, air cushion trucks for remote areas

Dome-shaped machine proposed by Swedenborg in 1716. (Courtesy Kalerghi Publications, London, England)

La machine proposée par le Suédois Swedenborg en 1716 (cliché Kalerghi Publications, Londres, Angleterre).



Un nouveau véhicule: l'aéroglesseur

Ces machines, dont certaines rappellent les célèbres soucoupes volantes, n'en sont encore qu'au stade expérimental. Ce sont donc pour les uns des "machines à coussin d'air", pour d'autres des "aéroglesseurs" puisqu'elles glissent sur de l'air et, pour les gens de métier, des "machines à effet de sol".

Dans le cas d'un aéroglesseur, des rotors à la partie supérieure de l'appareil aspirent de l'air qui est ensuite projeté à la périphérie de la machine sous forme d'un jet continu en nappe plus ou moins verticale. En touchant le sol ou la surface des eaux, ce jet s'écrase et s'étale ce qui fait qu'une grande partie de l'air de ces jets ne peut qu'aller sous le véhicule et s'y accumuler. De cette manière, la pression sous le véhicule augmente et le véhicule s'élève mais, à une certaine "altitude", la force du jet au moment où il atteint le sol est moins forte qu'auparavant ce qui fait que l'air sous pression sous la machine peut dévier le jet près du sol, passer par en-dessous, et s'échapper. Il se crée donc un équilibre entre l'"altitude", ou hauteur de déplacement de la machine, et la force du jet. Autrement dit, on peut "voler" plus haut en augmentant la force du jet ou, plus exactement, sa quantité de mouvement c'est-à-dire le produit de la masse d'air éjecté par la vitesse d'éjection. On peut aussi braquer les jets en nappes vers le dessous de la machine mais pas au-delà d'un maximum. En fin de compte, il existe un optimum pour chaque type d'aéroglesseur. La hauteur du mouvement au-dessus du sol est toujours faible et de l'ordre de 20^e au 10^e environ des dimensions de la machine qui, n'ayant plus de contact avec le sol, peut aussi bien dériver et reculer qu'avancer.

Et c'est là un des gros problèmes à résoudre: comment manoeuvrer avec grande précision et à peu de frais

sans utiliser des inverseurs de poussée, des inverseurs de pas d'hélices, des changements de braquages rapides munis d'asservissements et tous fort coûteux en combustible? Ou encore, sur quoi s'appuyer pour se diriger avec précision tout en ne se servant pas de roues, de nageoires ou de rails dont l'effet de ralentissement inévitable peut être aussi brutal que leur contact?

Naturellement, l'air qui s'échappe dans tous les sens du dessous de la machine vers l'extérieur donne des embruns si la machine se déplace au-dessus de l'eau, ou fait beaucoup de poussière si elle se déplace au-dessus d'un sol sablonneux ou poussiéreux. Enfin, il faudra aussi envisager, dans certains cas, comment réduire le niveau de bruit de ces machines fort bruyantes.

Le principe de fonctionnement de la machine étant esquissé, on peut comprendre que ces véhicules n'ont plus besoin ni de route, ni de piste de décollage, ni de port; ils présentent donc un intérêt d'autant plus grand, pour les régions sans routes, sans chenaux, sans ports ou sans terrains d'aviation, que les vitesses pouvant être atteintes sont celles des petits avions subsoniques. Toutefois, bien des problèmes restent encore à résoudre et, à ceux dont nous avons parlé, s'ajoute celui des impacts contre les rochers, les troncs d'arbres et les glaces. Il est également difficile de concevoir une machine à coussin

d'air pouvant monter économiquement des "côtes" à forte pente.

Au Canada, pays de 3,8 millions de miles carrés, dont 1,3 millions dans l'Arctique, comportant de très grands espaces marécageux, gelés ou non encore équipés, avec une population très clairsemée, l'aéroglesseur est potentiellement très intéressant. D'autre part le développement industriel qui résulterait de la mise au point d'un aéroglesseur sûr et économique serait certainement très grand si l'on en juge par le succès des motoneiges qui rendent de si grands services.

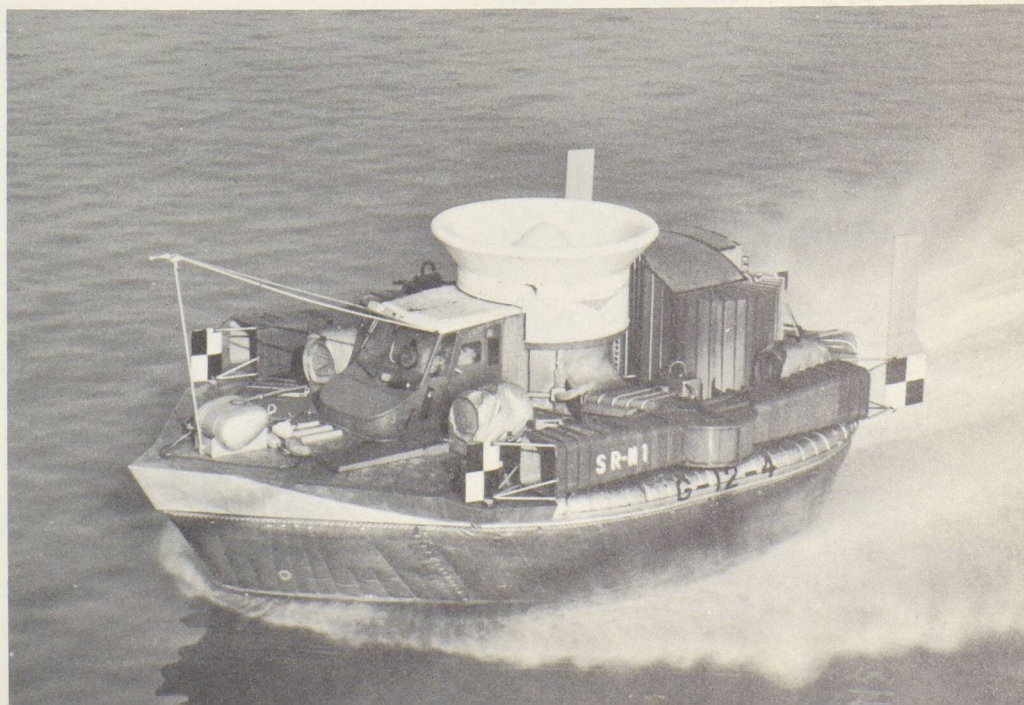
L'idée de l'aéroglesseur n'est pas tellement nouvelle puisqu'un Suédois, Emanuel Swedenborg a, dès 1716, conçu une machine elliptique, en bois et en toile qui, toutefois, n'a pas pu "décoller". John B. Ward, en Californie, a pris en 1876 un brevet américain couvrant une machine à trois roues dont la portance était donnée par la réaction de jets dirigés vers le bas.

Durant le 19^e siècle on a souvent essayé de réduire la trainée des bateaux en injectant de l'air entre la coque et l'eau. En Autriche, Von Thammhul a construit en 1916 un bateau lance-torpilles à coussin d'air qui a atteint une vitesse de 40 noeuds aux essais.

Au Canada, J. C. M. Frost, de Avro Limited, a fait des études fondamentales sur les aéroglesseurs un peu après 1950 et, plus tard, Canadair a

*Le premier aéroglesseur de
Saunders-Roe (1958).*

Original ACV built by
Saunders-Roe in 1958.



cushion of air

with poor roads, marine pleasure craft and amphibious passenger and freight services. The Flight Research Laboratory of NRC's National Aeronautical Establishment built a small experimental model in 1961. A later study in the Division of Mechanical Engineering involved a cooperative research program with two other Canadian Government departments and a Canadian designer on a 10-foot model that had amphibious capabilities. Both divisions have maintained a continuing interest in the various applications of ACV's.

By the middle of 1967, the development of air cushion vehicles had reached the point of established technical feasibility and the economics of limited commercial operations had been established. Britain had built an amphibious ACV which had been tested in the Canadian Arctic in the spring of 1966 and two other ACV's operated by Hoverwork (Canada) Limited carried over 366,000 passengers around Canada's Expo '67 island site in Montreal. Between the spring of 1966 and the summer of 1968, there were six government sponsored trials of air cushion vehicles conducted in Canada. The potential of ACV's as transportation devices in developing areas, particularly the Canadian North, seemed to be apparent. As a result an interdepartmental ACV committee was formed to coordinate and advise the Government on ACV development policy.

To identify ACV applications that offered maximum benefit to the country, NRC and several federal government departments in 1968 engaged a consortium of firms to define the scope, magnitude and user requirements of the potential Canadian demand for ACV vehicles. These firms included German and Milne, Montreal naval architects; Heinrich Aviation Consultants Limited, Montreal; Hovermarine Limited of Southampton, England; Hoverwork Canada Limited of Ottawa; Kenting Aviation Limited of Toronto and Sedam, Bertin and Company of Paris.

The development of flexible skirt systems for Canadian conditions is of great importance as skirt materials must be able to tolerate constant immersion in sea water; high-frequency oscillation over waves; abrasion over various hard surfaces, including ice; tearing; and building-up and baking-on of mud.

Les jupes souples des aéroglesseurs canadiens devront résister à l'attaque constante de l'eau de mer, aux vibrations liées aux charges cycliques dues aux vagues, aux impacts, déchirures et autres dommages causés par les blocs de glace ou de pierre et les boues.

Government sponsors included NRC's Division of Mechanical Engineering and the National Aeronautical Establishment; the Departments of Transport, Industry, Indian Affairs and Northern Development, Energy Mines and Resources; the Canadian Transport Commission and the Atlantic Development Board. A. S. Jackson, Project Officer of NRC's Division of Mechanical Engineering, was named coordinator of the study.

After two-and-a-half years of study, the consortium has issued a report stating that air cushion vehicles can meet some special transport problems of Canada and are capable of supplementing or even replacing some existing means of transportation. The report states that the views and conclusions of the companies do not necessarily concur with the Government of Canada.

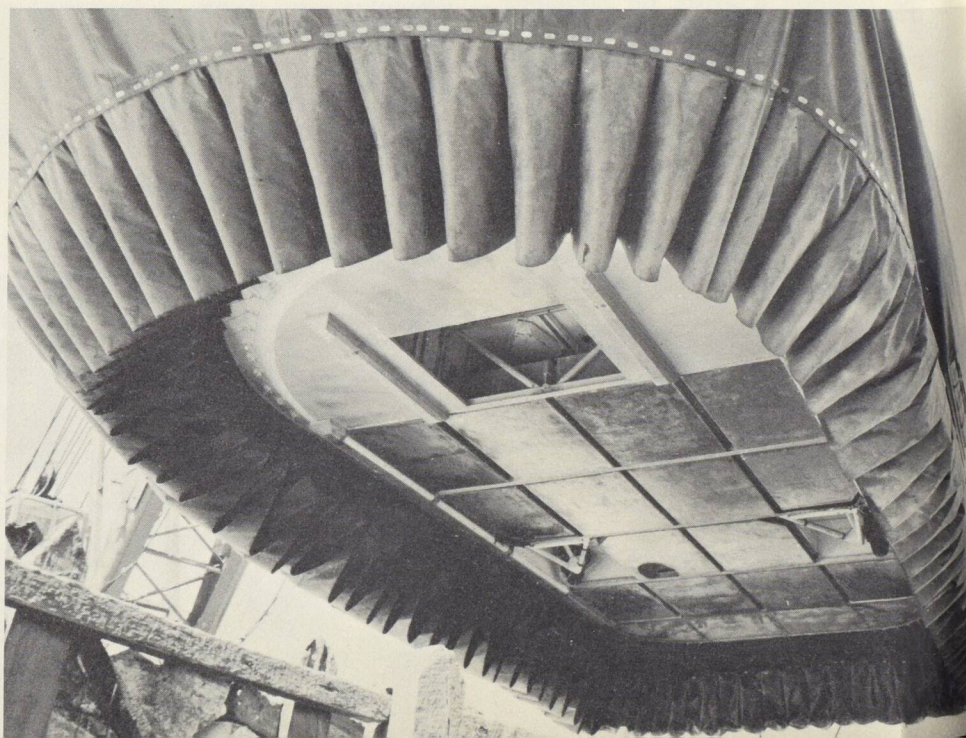
In some cases, the report says, the use of ACV's may even be more economical than existing methods. In addition, the air cushion vehicle can improve communications in the more inaccessible areas. Other areas where the ACV may be employed are as a non-amphibious marine ferry in ice-free waters, carrying passengers and cars on short commuter routes and on longer routes for tourist and commercial traffic, or as an amphibious ferry carrying passengers and cars to provide year-round service where ice or floating debris is a problem. It also may be used as an amphibious lighter servicing Arctic communities and installations or in similar situations where the land-water interface presents a problem; as an off-road vehicle capable of negotiating soft terrain as well as water, to service development sites

and remote settlements; and as a sports craft fulfilling the functions of both the motor boat and the snowmobile. And, of course, it can be used as a utility craft for search and rescue, survey, and patrol operations.

The report says there is a requirement for a high-speed mass transportation medium in the form of an air cushion train on a guiding rail to relieve road and air traffic congestion. The Federal Government currently is considering an air cushion vehicle system to carry passengers to and from the new Montreal and Toronto airports. A report "Air Cushion Vehicles — Their Potential for Canada," Catalogue No. NRC 10820 — December, 1969, related to this subject, may be purchased through NRC.

The ACV report says both pure and applied research will be required in order to gain a better understanding of the mechanics of the air cushion and to determine areas where this vehicle will have advantages over existing types of transportation. A comprehensive evaluation of a number of interrelated factors must be undertaken in order to determine whether an ACV presents an alternative to other vehicles for a specified operation. But, the study concludes:

"Canada has extreme climatic and terrain conditions, the special transport problems of a developing country, and an advanced technical capability. This unique position presents a special and challenging opportunity. The founding of an industry and the development and production of ACV's to meet Canadian requirements would not only contribute to the country's development, but should have significant export potential."



..l'aéroglisser

onstruit un véhicule expérimental où la portance était donnée par recirculation. En 1953, un électronicien anglais, Christopher Cockerell, a cherché à réduire la trainée de frottement en plaçant des nageoires ou des parois faisant latéralement obstacle à l'air sous pression accumulé sous le véhicule grâce à des jets en nappes inclinées à l'avant et à l'arrière. Par la suite, il a remplacé ces parois solides par des parois fluides ce qui a donné des jets en nappes périphériques et une portance beaucoup plus grande que celle donnée par la réaction des jets. Dès lors, ces machines devenaient intéressantes et, en 1956, Cockerell a obtenu un contrat du Ministry of Supply pour des essais hydrodynamiques chez Saunders-Roe. Ces essais ont confirmé les vues de Cockerell et, en 1958, on a commencé à en parler ouvertement ce qui a permis à cet inventeur d'obtenir de la National Research Development Corporation (N.R.D.C.) les fonds permettant de lancer la construction du fameux Hovercraft de la Compagnie Hovercraft Development Limited. La machine a été présentée au public en juin 1959.

Naturellement, au Conseil national de recherches du Canada on s'est intéressé aux aéroglisser depuis 1960 lorsque l'on a reçu des demandes d'études. L'Établissement aéronautique national, dépendant du Conseil national de recherches, a construit une maquette expérimentale en 1961 et, un peu plus tard, la Division de génie mécanique coopérant avec un bureau d'études canadien et avec certains ministères fédéraux a construit une maquette amphibie de 10 pieds.

Vers le milieu de l'année 1967, il apparaissait que ces machines deviendraient économiques pour certaines missions. L'Angleterre avait construit un aéroglisser essayé dans l'Arctique canadien au printemps de 1966 et Hoverwork (Canada) Ltd. a fait des démonstrations avec deux aéroglisser ayant transporté 366,000 visiteurs durant l'Expo '67 à Montréal. Entre le printemps de 1966 et l'été de 1968, le Gouvernement canadien s'est intéressé à l'essai de 6 aéroglisser.

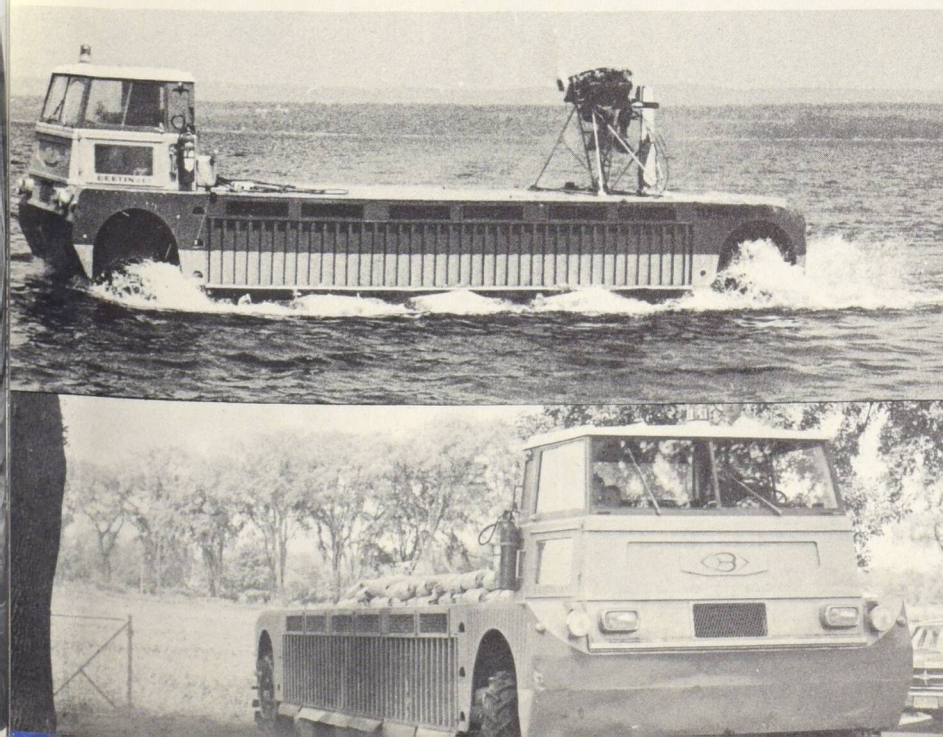
Ces essais ont permis de constituer, surtout en vue d'une utilisation dans le Nord canadien, un comité interministériel sur les aéroglisser dont la mission est de coordonner les travaux et de conseiller le gouvernement fédéral. Le CNRC et d'autres ministères fédéraux ont engagé en 1968 un ensemble de firmes à définir les caractéristiques des aéroglisser les meilleurs pour le Canada et comprenant les compagnies suivantes: German and Milne et Heinrich Aviation Consultants Limited, de Montréal; Hovermarine Limited de Southampton, en Angleterre; Hoverwork Canada Limited, d'Ottawa; Kenting Aviation Limited, de Toronto; et Sedam, Bertin et Cie, de Paris. En dehors du Conseil national de recherches, c'est-à-dire de la Division de génie mécanique et de l'Établissement aéronautique national, les Ministères des transports, de l'Industrie et du Commerce, des Affaires indiennes et du Nord canadien, de l'Énergie, des Mines et des Ressources ainsi que la Commission canadienne des Transports et le Conseil de développement de la région de l'Atlantique s'intéressent aux études. M. A. S. Jackson, de la Division de génie mécanique au CNRC a été nommé coordinateur.

Après deux années et demie d'études, ce consortium en a conclu que les aéroglisser peuvent assurer certains transports au Canada, soit en complétant ceux qui existent déjà, soit en les remplaçant totalement. On peut toutefois lire dans le rapport que les points de vue et les conclusions des compagnies ne sont pas nécessairement toutes partagées par le gouvernement. Dans certains cas, les aéroglisser peuvent même être plus économiques. Il semble que les domaines dans lesquels ils peuvent rendre service sont ceux que nous avons déjà donnés. Les agglomérations de l'Arctique devraient y voir un excellent moyen de communications comme toutes les régions où l'alternance des terres et des eaux est la règle. Naturellement, les applications comme véhicule de secours, de recherches, de patrouille et d'explorations sont des plus intéressantes.

Nous n'avons pas parlé jusqu'à maintenant de l'aéroglisser utilisant un rail à la manière de l'aérotrain de Bertin, c'est-à-dire se déplaçant à cheval sur un rail en ciment, étroit, mais où l'air sous pression permet au véhicule de glisser à grande vitesse sans le moindre contact. Cette forme de transport sera particulièrement intéressante dans les zones urbaines où entre les agglomérations très rapprochées déjà saturées par les transports classiques. C'est ainsi que le gouvernement fédéral envisage de se servir d'aérotrains pour relier Montréal et Toronto à leurs aéroports (voir le rapport "Air Cushion Vehicles — Their Potential For Canada", Catalogue No. NRCC 10820 — December 1969, que l'on peut acheter au CNRC).

Il est intéressant de noter la conclusion de l'étude dont nous avons parlé: "Le Canada connaît les extrêmes en matière de climat et de terrain; il a ses propres problèmes de transport et aussi un potentiel technique de pointe. Il faut voir dans cette situation une entreprise passionnante et exceptionnelle. Non seulement l'industrie consistant à fabriquer et à lancer des aéroglisser contribuerait au développement du Canada mais les perspectives d'exportation seraient aussi grandes."

En haut, le BC 7 de 10 tonnes, construit par Bertin. Au-dessus de l'eau, une hélice escomotable assure la propulsion. En bas, le "Terraplane", de Bertin, aéroglisser à roues, essayé à Ottawa.



Top, the Bertin et Cie BC 7, 10-ton derivative of the BC 7 off-road ACV. Bottom, the Bertin BC 7 "Terraplane", a wheel-driven ACV tested in Ottawa trials in June, 1968, provides improved mobility on wet soft soil compared with a tractor.

