

SCIENCE DIMENSION

1974/5



National Research
Council Canada

Conseil national
de recherches Canada

SCIENCE DIMENSION

Vol. 6 No. 5, 1974

Contents / Sommaire

4	Diagnosing fractured components	
	Études les microfractographies	5
9	Ears on the runway	
	Le bruit des avions	9
14	Associate Committee on Geodesy and Geophysics	
	Le Comité de géodésie et de géophysique	15
19	Jet lag effects on human performance	
	Les décalages de l'heure et de la date	19
26	Is NRC aiding industry?	
	Le CNRC épaulé-t-il l'industrie?	27

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

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

Photo credits: page 2, Division of Mechanical Engineering, NRC; pages 4,5,6, back cover (bottom), National Aeronautical Establishment, NRC; Diagrams: bottom page 10, page 13, Central Mortgage and Housing Corporation; page 16 (top right) and bottom left, Gilbert A. Milne, New York; page 19, page 22 (top), CP Air, bottom and page 25, Division of Mechanical Engineering, NRC; page 26, Electrohome Limited.

Photographies: page 2, de la Division de génie mécanique du CNRC; pages 4, 5 et 6, au dos (en bas), de l'Établissement aéronautique national du CNRC; croquis en bas de la page 10 et page 13, de la Société centrale d'hypothèques et de logement; page 16, en haut à droite et en bas à gauche, de M. Gilbert A. Milne de New-York; pages 19 et 22 (en haut) de la C.P. Air, pages 22 (en bas) et 25, de la Division de génie mécanique du CNRC; page 26, d'Electrohome Ltée.

Managing Editor Loris Racine Directeur

Editor Joan Powers Rickerd Rédactrice-en-chef

French Texts Georges Desternes, Claude Devismes Textes français

Graphics-Production Robert Rickerd Arts graphiques-Production

Staff photographer Bruce Kane Photographe attaché à la Direction

Printed by Mortimer Imprimeur



Dr. George Thiessen, Head of the Acoustics Section of the National Research Council of Canada's Division of Physics, supervises the setting up of an experiment by colleagues Gilles Daigle (centre) and Allan Hellard (left), to measure the impedance of the ground. The black tube, called an impedance tube, which terminates on the ground, is fed with sound from a loudspeaker in the box at the other end. The effect of the ground is measured by probing the resulting field in the impedance tube with the probe attached to the carriage being adjusted by Mr. Hellard. Ground substantially reduces sound even when buildings are not present between the source of the sound and the receiver. It is to determine this influence that the impedance of the ground must be known.

Le Dr George Thiessen, chef de la section d'acoustique de la Division de physique du Conseil national de recherches du Canada, et ses collègues, M. Gilles Daigle, au centre, et M. Allan Hellard, à gauche, se préparent à mesurer l'impédance du sol. Le tube noir, appelé tube d'impédance, dont une extrémité est au sol, conduit un son émanant d'un haut-parleur placé à l'autre extrémité. L'influence du sol est mesurée en sondant le champ résultant dans le tube d'impédance avec la sonde attachée au chariot réglé par M. Hellard. Le sol absorbe partiellement le bruit même lorsqu'il n'y a pas de bâtiments entre la source sonore et le récepteur. C'est pour déterminer cette influence que l'impédance du sol doit être connue.

Diagnosing fractured components— Electron fractography

Just as fingerprint impressions are used for the positive identification of people, the impressions of fracture surfaces can be useful in the identification of the fracture mechanisms involved in the failure of a component. In this regard, an electron microscope capable of magnifications of up to 200,000 times is an invaluable tool to William Wiebe of the National Aeronautical Establishment of the National Research Council of Canada.

Here, the microscope is regularly used in the diagnostic procedures of failure analysis that are carried out in the Structures and Materials Laboratory. The instrument permits Mr. Wiebe to "interpret" the characteristics of the fracture surfaces of metal components so that the causes and circumstances of failure can be established with a high degree of certainty.

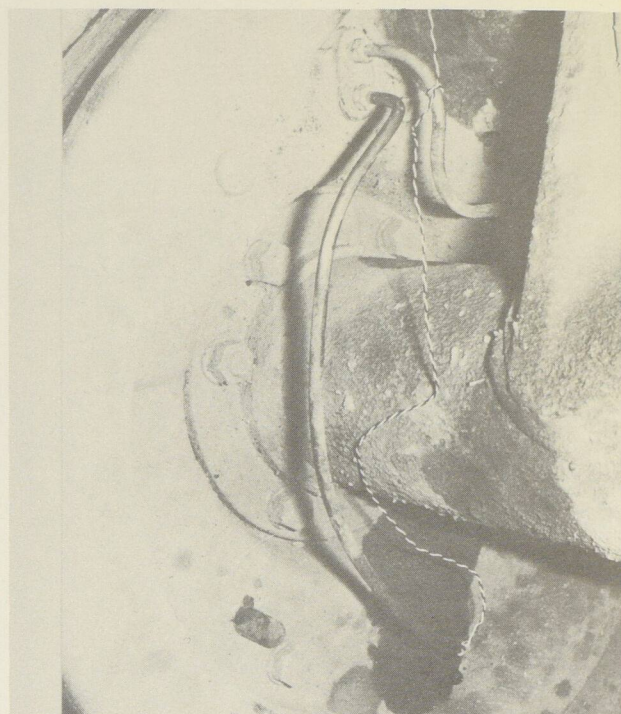
When used in the "diagnosis" of fractured components, electron fractography, as the process is called, is an example of the direct application of a sophisticated electronic device to the solution of engineering problems that arise from the premature failure of components in aircraft, motor vehicles and industrial equipment. Since such fractographic findings frequently point toward specific remedial action, fractography has demonstrated its potential for the saving of lives, and the prevention of extensive damage to vehicles and equipment.

Some of Mr. Wiebe's work has dealt with the estimation of the service life spans of particular metal components. These have resulted in recommendations for the scheduling of periodic examinations for early detection of cracks, before complete failure of the components occurs. The estimation of fatigue crack growth rates in aircraft wheels and wing spar components represents a particularly significant contribution of fractography to flight safety.

Mr. Wiebe's specialty, which he has developed at NRC over the last 12 years, makes vital use of the fact that each fracture surface has its own "fingerprint". In other words, the history of the fracture process is imprinted on the fracture surface, and with the aid of the electron microscope, it is frequently possible to recall this history in a visual sense. On the microscopic scale, there are essentially four types of fracture — ductile, cleavage, fatigue and intergranular — and each presents a different appearance on the surface of the fracture. More than one type of fracture mechanism may be involved in a single service component, and each can be recognized by examination at high magnification with the electron microscope. Sometimes, the fractures occur rapidly, under sudden and severe stress; sometimes they take months to occur under less severe but more frequent stresses.

Ductile fracture is created by an extensive 'slipping' along crystallographic planes, and is illustrated macroscopically by permanent deformation of the specimen. Ductile fracture takes place within the metal by the initiation and growth of microvoids, which usually start at sites of relatively brittle inclusions, or imperfections in the actual metal structure. Rupture of the specimen occurs when the voids join together because of internal necking, and the resulting fracture has a dimpled appearance at high magnification. Under conditions of shear strain and non-uniform plastic strain, elongated dimples are formed.

Cleavage cracks normally propagate by simultaneous advancement on a number of crystallographic planes. These cracks are joined by steps formed by secondary cleavage or ductile fracture. The steps run together in the direction of local



Brake line tubing installed on a truck, with instrumentation for road test vibration measurements.

Conduite du circuit de freinage installé sur un camion équipé d'instruments pour mesurer les vibrations durant le roulement.

crack propagation, producing the characteristic 'river patterns'.

Fatigue fracture surfaces are frequently characterized by the appearance of striations (linear marks, ridges or furrows on the surface) oriented at right angles to the direction of the crack growth. It has been demonstrated that there is a one to one correspondence between the formation of a striation and the crack advance during the application of a single stress cycle. The spacing of the striations is proportional to the cyclic stress level.

Intergranular fracture occurs when the path of the crack follows the boundaries of the grains or 'crystals' of the metal. When this occurs, the microscopic aspects of the fracture surface resemble a 'rock candy' structure.

Many failed components from industry are being sent to Mr. Wiebe's laboratory in Ottawa. The components vary greatly, from a part of an industrial sewing machine to an aileron control tube from an aircraft, but the basic question is always the same: What caused the component to fail and how can further breakages be prevented?

Assisted by technical officer Ray Dainty, Mr. Wiebe begins the task of providing the answers for Canadian industry.

Using a two-stage method which does not damage the surface of the fracture, a replica of the failed component is fabricated. A visual inspection of the fracture surface usually pinpoints the area from which the fracture evolved. A strip of cellulose acetate softened with acetone to a sticky consistency is pressed firmly into the fracture area and left there for about an hour. The strip, which has been moulded to the same configurations as the fracture surface, is then removed.

La cause de l'accident?

Étudions les microfractographies

On peut trouver les causes de la rupture d'une pièce métallique en examinant la cassure car la configuration de la surface de rupture varie avec la cause et donne des renseignements intéressants, un peu de la même manière que les empreintes digitales renseignent sur l'identité des malfaiteurs. Pour ce travail de détection, M. William Wiebe, de l'Établissement aéronautique national du Conseil national de recherches du Canada, se sert régulièrement d'un microscope électronique dont le grossissement peut atteindre 200 000.

Grâce à ce microscope, M. Wiebe peut "interpréter" les caractéristiques des cassures métalliques et ainsi déterminer, avec une quasi-certitude, les causes de rupture.

Ce domaine de recherches, appelé fractographie électronique, est appliqué à l'étude des causes des ruptures prématurées de composantes d'avions, de véhicules automobiles et d'équipements industriels. Les résultats obtenus par les chercheurs permettent d'empêcher que les conditions de rupture ne se reproduisent et, de ce fait, d'éviter des pertes en vies humaines et des dommages sérieux aux véhicules et aux équipements.

Certains des travaux de M. Wiebe se rapportent à l'estimation de l'endurance de composantes métalliques particulières. Il a ainsi pu formuler des recommandations concernant les durées séparant les inspections visant à repérer les microfissures qui, en se propageant, conduisent à la rupture. La

fractographie a ainsi pu contribuer grandement à la sécurité des avions en vol car c'est elle qui a permis d'estimer la vitesse de propagation des fissures de fatigue et, ainsi, la durée de vie des longerons d'ailes et des roues des avions.

M. Wiebe a douze ans d'expérience en ce domaine au CNRC et il nous a bien expliqué que chaque cause de rupture a son "empreinte digitale", c'est-à-dire que ce qui s'est passé depuis l'origine de la microfissure jusqu'à la rupture apparaît sous une forme visible au microscope électronique. À l'échelle microscopique, on classe les ruptures suivant leur origine: ductiles, de clivage, de fatigue ou intergranulaires, toutes détectables au microscope électronique. Les ruptures se produisent très vite, sous l'action de fortes contraintes apparaissant soudainement, ou beaucoup plus lentement, après des mois, durant lesquels les fissures progressent sous l'action de contraintes moins élevées mais fréquentes.

La rupture par ductilité est produite par un "glissement" étendu le long des plans cristallographiques et, à l'échelle macroscopique, par déformation permanente de l'échantillon. Ces ruptures se font déjà à l'intérieur du métal lorsque des vides microscopiques y apparaissent et y grandissent, habituellement dans le voisinage d'inclusions relativement cassantes ou d'imperfections de la structure métallique elle-même. Sous l'action des charges, les vides grandissent ce qui diminue les sections efficaces de résistance et, de ce fait, augmente les contraintes jusqu'à la rupture. La surface de rupture apparaît alors, sous fort grossissement, comme bosselée et "ridée". Ces rides sont allongées lorsque la déformation s'est faite en cisaillement et dans le domaine plastique non uniforme.

Les fissures par clivage se propagent habituellement par progressions simultanées sur un certain nombre de plans cristallographiques. Elles sont reliées par des marches formées par clivage secondaire ou par rupture ductile. Les marches sont orientées en direction de la propagation locale de la fissure et donnent les "configurations en rivières" caractéristiques.

Les surfaces de rupture par fatigue sont souvent caractérisées par des stries, c'est-à-dire des marques linéaires, des crêtes ou des sillons perpendiculaires à l'axe de développement de la fissure. On a démontré que les stries apparaissent l'une après l'autre à mesure que la fissure progresse et que chacune d'elles correspond à un cycle de mise en charge. Les espaces entre les stries sont proportionnels à l'intensité des contraintes au cours du cycle.

Les ruptures intergranulaires sont produites quand la direction de la fissure suit les joints de grains du métal. Dans ce cas, la surface de rupture, vue au microscope, rappelle celle de cristaux.

De nombreuses composantes industrielles rompues en service sont envoyées au laboratoire de M. Wiebe, à Ottawa. Ces composantes varient beaucoup et vont de celles de machines à coudre industrielles aux commandes d'ailerons des avions mais la question fondamentale est toujours la même: quelle a été la cause de la rupture et comment peut-on empêcher d'autres ruptures de ce type de se produire?

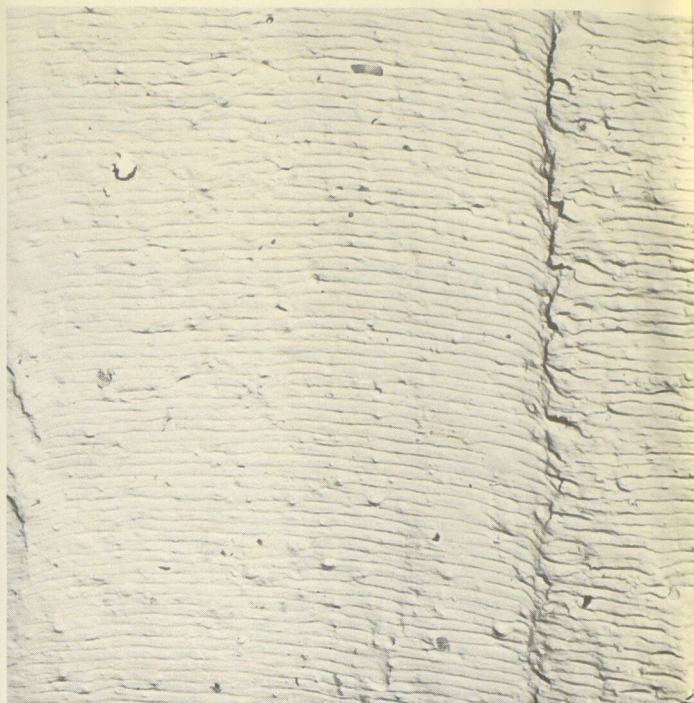
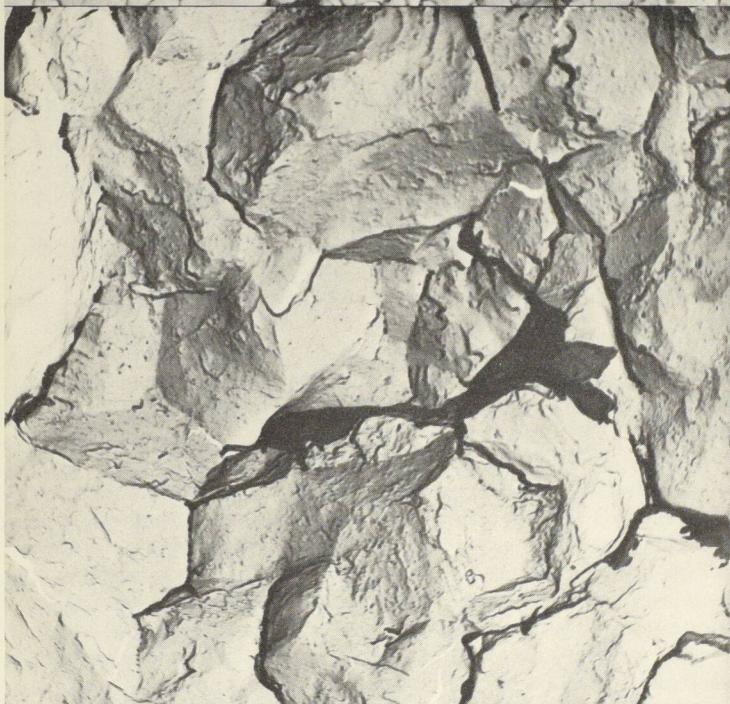
C'est alors que M. Wiebe essaye de résoudre le problème avec son collaborateur, M. Ray Dainty, agent technique.

À l'œil nu, on peut habituellement localiser le point de départ de la rupture. En outre, la méthode des répliques permet de ne pas endommager les surfaces de ruptures car ce sont ces répliques des surfaces que l'on examine au microscope électronique. Pour obtenir une réplique, on adoucit à l'acétone une feuille d'acétate de cellulose pour qu'elle puisse coller;



Fracture surface of the failed brake line tubing indicating the fatigue area and the rapid ductile fracture area. (Magnified 17 times).

Vue, grossie 17 fois, de la surface de rupture de la conduite de freinage. La différence de texture de cette surface met en évidence une zone de rupture par fatigue et une zone de rupture ductile rapide.



puis elle est pressée fermement contre la surface de rupture où elle reste une heure environ. On la décolle ensuite et l'on remarque qu'elle a pris la même forme que la surface de rupture.

"La méthode peut sembler primitive", nous a dit M. Wiebe, "mais elle est très fidèle".

La feuille d'acétate est ensuite placée sur une plaquette de verre et introduite dans un appareil à évaporation sous vide afin d'y recevoir une très mince couche de chrome et de carbone, le chrome sous un angle de 45° pour donner un contraste et le carbone sous un angle de 90°.

On dissout ensuite l'acétate de cellulose dans un mélange d'eau et d'acétone ce qui donne une réplique très mince de chrome et de carbone de la surface de rupture et, notamment, de l'endroit où la fissure a commencé. C'est ce que l'on examine au microscope électronique.

Comme exemple d'application intéressante de la microfractographie, on peut citer le cas du circuit hydraulique des freins d'un gros camion. Une conduite de ce circuit ayant cédé, un grave accident de la route avec pertes de vies humaines est arrivé. L'enquête a montré que l'accident s'est produit par rupture d'une canalisation du circuit de freinage et c'est pour connaître la cause de cette rupture que la canalisation rompue a été apportée au Laboratoire des structures et des matériaux de l'Établissement aéronautique national.

On a utilisé la méthode des répliques sur toute la surface de rupture et l'on a examiné les caractéristiques de cette surface au microscope électronique avec un grossissement de 6 000 et de 18 000.

L'étude au microscope a mis en évidence très clairement les stries caractéristiques d'une rupture progressive et lente par fatigue sur une grande partie de la périphérie et, sur le reste, les rides caractéristiques du cisaillement causé par l'application soudaine d'une charge unique.

Les travaux des chercheurs conduits, dans ce cas particu-

lier, par M. J.F.W. McCaffrey, également et l'Établissement aéronautique national, ont été alors centrés sur les causes de la rupture par fatigue. Ce groupe a procédé à des essais rigoureux de conduites identiques en laboratoire. Ces essais ont montré que la surface de rupture se trouvait à environ cinq millimètres (3/16 de pouce) de l'extrémité du tube porteuse de la bague-écrou raccordant le tube au cylindre récepteur. Soit au montage en usine, soit durant l'entretien, la bague-écrou avait été défectueuse et reculée jusqu'en un point où elle avait laissé un sillon dans le métal et ainsi avait donné une amorce de rupture par fatigue.

"Il est possible qu'un sillon comme celui-ci, à bords relativement aigus, ait donné la concentration de contraintes à l'origine de la première microfissure qui s'est ensuite propagée par fatigue jusqu'au moment de la rupture en cet endroit", peut-on lire dans le procès-verbal d'essais de M. Wiebe.

On a fait, en laboratoire, des essais de fatigue pour déterminer la fréquence propre des vibrations de ces conduites et pour essayer de reproduire la rupture par fatigue. On y est parvenu.

On a alors équipé un camion, semblable au camion accidenté, d'instruments qui ont permis de mettre en évidence que la fréquence des vibrations de cette conduite, lorsque le camion roulait à 55 miles à l'heure (88 kilomètres à l'heure), c'est-à-dire à sa vitesse normale d'utilisation, était la même que la fréquence propre du tube. Il y avait donc résonance.

La solution était simple: il suffisait de fixer différemment le tube sous le camion pour changer la fréquence vibratoire durant le roulement et, de ce fait, pour éliminer la résonance.

La fractographie électronique est utilisée internationalement pour déterminer les causes des ruptures. La "American Society for Metals" prépare des manuels entièrement consacrés à la fractographie et à l'étude des causes de rupture.

Actuellement, on fait des recherches sur les aspects microscopiques des ruptures. En général, les microfissures se propagent à l'intérieur du métal en passant par les régions les plus faibles. C'est pourquoi l'étude microfractographique de détails très petits représente un domaine potentiellement intéressant sur le plan de la recherche. On essaye donc de corréler les modes de rupture des matériaux avec leur microstructure surtout dans le cas de matériaux incorporant des fibres métalliques, ou non métalliques, en vue d'obtenir de nouveaux matériaux capables de résister aux températures très basses et très élevées et aux conditions d'emploi en énergie nucléaire. □

Left, top to bottom: dimples on the fracture surface of an aluminum alloy component, indicating rapid ductile fracture. (Magnified 2,130 times). "Rock candy" structure of the fracture surface of high strength steel, indicating intergranular fracture. (Magnified 2,130 times). Cleavage fracture of steel, as seen in the electron microscope. (Magnified 4,260 times). Right, top to bottom: striations formed on the fatigue fracture surface of an aluminum alloy component. (Magnified 5,325 times). Elongated ductile dimples on the rapid fracture surface area of the failed brake line tubing. (Magnified 8,520 times). Fatigue striations observed on the fatigue area of the fracture surface of the failed brake line tubing as viewed in the electron microscope. (Magnified 4,970 times).

A gauche et de haut en bas: vue détaillée, grossie 2 130 fois, de la surface de rupture "ridée" d'un alliage d'aluminium entrant dans la composition d'une pièce. Cette configuration indique une rupture ductile rapide. Vue détaillée, grossie 2 130 fois, de la structure cristalline de la surface de rupture d'un acier à haute résistance. Cette configuration indique une rupture intergranulaire. Vue détaillée, grossie 4 260 fois, de la rupture d'un acier par clivage. A droite et de haut en bas: vue détaillée, grossie 5 325 fois, des stries de la surface de rupture par fatigue d'une pièce en alliage d'aluminium. Vue détaillée, grossie 8 520 fois, de la surface de rupture ductile rapide d'une conduite d'un circuit de freinage. Cette rupture est caractérisée par des protubérances, ou "rides", allongées. Vue, grossie 4 970 fois, des stries de fatigue observées à la surface de rupture de la zone rompue par fatigue.

"It may appear to be a crude method," says Mr. Wiebe. "But it gives amazing fidelity."

The strip is placed on a glass slide and introduced into a vacuum evaporator, where chromium and carbon are applied to the surface in very thin layers, the chromium at a 45-degree angle (to produce contrast) and carbon at a 90-degree angle.

A small part of this treated strip is then cut away in the area of the fracture surface in which the fracture began and soaked in a water-acetone solution to dissolve the cellulose acetate. An exact replica of the fracture surface in the form of the carbon-chromium film then remains and it is this that is placed in the electron microscope for analysis and "reading". Here, the dimples, striations and other tell-tale patterns are recognized and the mode of the fracture is determined.

One example of the application and value of metal fractography involved a hydraulic brake pipe assembly from a heavy truck. The pipe had failed and rendered the braking system inoperative, causing a fatal traffic accident. Investigators noted the ruptured pipe and it was brought to NAE's Structures and Materials Laboratory to determine the reason for the failure.

The method for producing the replica of the service component was followed and sections of the entire fracture surface were viewed in the electron microscope, at magnifications of 6,000 and 18,000. The study clearly demonstrated that half the circumference of the pipe failed by the process of fatigue. Electron micrographs showed characteristic fatigue striations, with additional evidence to indicate that the crack grew in length over an extended period. The remaining half of the circumference of the pipe's fracture surface represented the final area of breakage, likely caused by the sudden application of a single load. Elongated shear dimples visible in the electron microscope on the fracture surface are typically characteristic of this sudden shearing and tearing action caused by a single overload.

The work of the researchers, led in this instance by G.F.W. McCaffrey, also of NAE, then centred on the nature of the fatigue loads that caused the failure, and the loss of life. New components of the same type as that which failed were obtained and rigorous tests conducted in the laboratory. The actual area of failure in the service component was located at a point three-sixteenths of an inch (five millimetres) from the end fitting, which secured the pipe to the truck's wheel cylinder assembly. This end fitting, either during the process of original installation or during subsequent servicing, could be pushed back to the point at which the fracture occurred, producing a score mark on the exterior of the tubing.

"A relatively sharp notch like this may well have provided the stress concentration responsible for initiating the fatigue crack at this location in the service component," states Mr. Wiebe's official report on the matter.

Laboratory fatigue tests were employed to determine the frequency of vibration in the tubing assembly, and to attempt to reproduce the service fatigue failure. It was found that such cyclic loading produced fatigue failure in the tubing specimens similar to that observed in the service component, when studied in the electron microscope.

Instruments placed in a truck similar to that which crashed further indicated that the frequency of vibration of the tubing when the truck was travelling at 55 miles (88 kilometres) per hour — normal cruising speed — corresponded to the resonant frequency of the tubing.

The solution to the problem was simple; some form of

clamping of the pipe to the truck was required in order to eliminate conditions conducive to the vibration and resonance.

The application of electron fractography to failure analysis is now an internationally-recognized procedure. The American Society for Metals is currently in the process of publishing handbooks devoted solely to fractography and failure analysis.

While fractographic techniques in certain areas are now well established, further research into the microscopic aspects of fracture is required. In general, the path of the fracture in a component passes through the region of the weakest material, in a microscopic sense, just as a chain fails in its weakest link. From this, it follows that the study of minute fractographic details represents a potentially rewarding area of research. Studies that correlate the modes of fracture with the microstructure of materials, and studies of the fracture micro-mechanisms of metallic and non-metallic fibre composites are already demonstrating their usefulness in the development of the more exotic materials that are demanded for low- and high-temperature, and nuclear power applications.

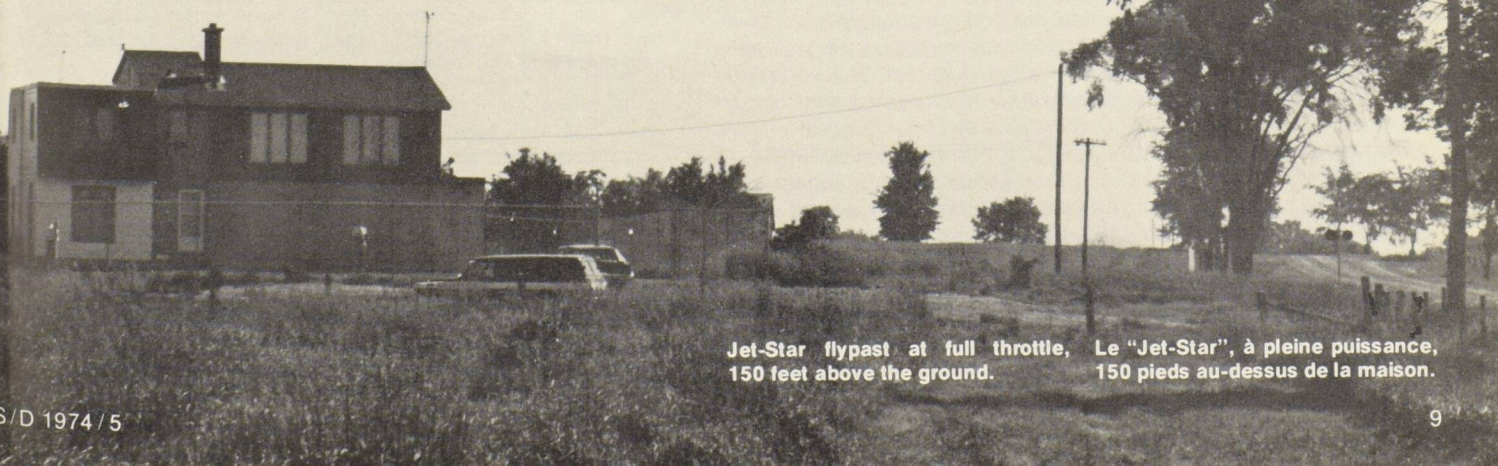
□ **David Smithers**



**Insulating houses against aircraft noise—
Ears on the runway**

Nos maisons

Et le bruit des avions



Jet-Star flypast at full throttle,
150 feet above the ground.

Le "Jet-Star", à pleine puissance,
150 pieds au-dessus de la maison.

aircraft noise

It stands 2,600 yards from the end of runway 32 at Ottawa's International Airport. A microphone sits atop its mast. An ultra-modern two-storey house? A small apartment building? Or a row housing unit?

"The top section," says Dr. David Quirt of the Noise and Vibration Section of the National Research Council of Canada's Division of Building Research, "is essentially a brick bungalow; underneath it is simulated a typical apartment structure with standard glass sliding doors; and at the back is a simulated two-storey dwelling, which could also be looked upon as typical row housing."

Every three or four minutes, a Jet-Star flies past at full throttle, 150 feet above the ground. Inside, microphones scattered throughout the building transmit the noise of the jet to tape recorders.

"What we actually measure," says Dr. Quirt, "is the difference between the sound levels of the reference microphone, that is, the outside microphone on the mast, and the sound levels of the inside microphones. This way we can get a direct measure of the sound insulation."

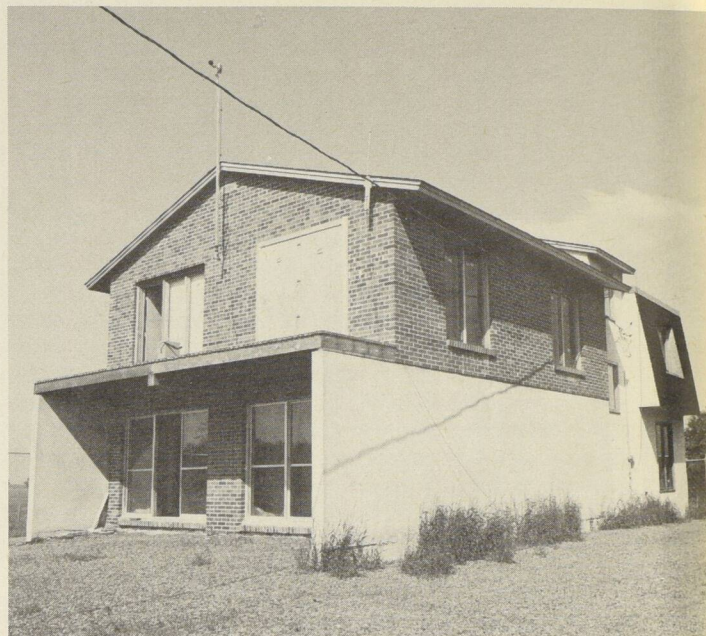
Increased air travel, use of higher-powered jet aircraft, and development of land near existing airports has brought about growing public concern about the noise associated with airport operations. Aircraft noise can disturb sleep, privacy, and communication. Also associated with airports are traffic ways, warehousing and shipping facilities, and hotels. Today, hotels are being designed to exist adequately close to airports, but the typical small house or apartment is not designed to be tightly sealed up in order to keep out the noise.

"A lot of question marks still exist regarding how noise penetrates an individual house," says Dr. T.D. Northwood, head of the Noise and Vibration Section. "Our work in this area began at the request of Central Mortgage and Housing Corporation (CMHC) who were preparing guidelines on residential land use around airports. The purpose of our study is to verify the reliability of the information contained in the guidelines — that is, for construction in an intermediate area where it is possible to build residential housing subject to certain special measures."

Near airports, there are two sources of aircraft noise: fly-over noise which occurs under flight paths close to airports, and the noise that is emitted by an aircraft during ground operations, for example, engine runup, taxiing and take-off.

Flyover noise is probably the most common problem source and the most serious. As the aircraft passes overhead, sound waves strike the house from a progression of different directions and distances with the result that at any particular location the noise level rises to a peak and then decreases. The noise nuisance is most acute near the end of runways.

Noise during ground operations is less variable in direction than flyover noise but is usually of longer duration. The noise nuisance is most acute in positions close to the runway or in the vicinity of the ground runup position. The effects of noise generated from aircraft on a runway can be reduced by introducing between the dwelling and the noise source, mounds, walls or parts of buildings not sensitive to excessive sound; vegetation in sufficient amounts, for example, a large tract of trees around an airport (these trees should be located some distance from runways so that birds attracted by this vegetation could not constitute a risk to aircraft during take-off or landing); and by careful orientation and landscaping of building groups to avoid the reflection of sound waves from facade to facade.



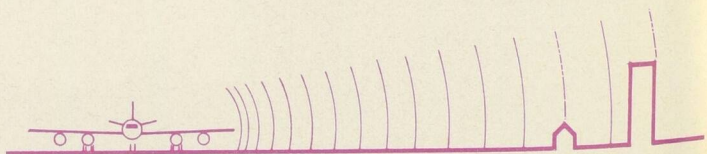
Experimental house showing outside reference microphone: top section, brick bungalow; below, typical apartment; rear, two-storey dwelling.

Le bâtiment expérimental. En haut: le "bungalow" en briques; en bas: l'appartement; derrière: la maison à étage; sur le toit: le mât et le microphone.



Flyover noise. As aircraft flies over, sound waves strike the house from a progression of different directions and distances.

Durant le survol, les ondes sonores varient d'intensité et elles peuvent venir de bien des directions.



Noise emitted from ground operations is less variable in direction than flyover noise, but of longer duration.

Les bruits de piste varient peu en direction par rapport aux bruits de survol mais ils durent plus longtemps.

... le bruit des avions

Nous sommes à 2 600 "yards" (environ 2,4 kilomètres) de l'extrémité de la piste No. 32 à l'aéroport international d'Ottawa. On peut voir un microphone en haut d'un mât sur une maison à premier étage d'apparence très moderne. Est-ce une maison ne comportant que des appartements ou est-ce la première d'une rangée de maisons?

Le Dr David Quirt, de la section du bruit et des vibrations de la Division de recherches en bâtiment du Conseil national de recherches du Canada, nous a dit: "Le premier étage de ce bâtiment reproduit essentiellement un "bungalow" en briques tandis que le rez-de-chaussée simule une structure type d'appartements équipés de portes-fenêtres coulissantes ordinaires; derrière, on a simulé un logement à rez-de-chaussée et à premier étage qui peut être considéré comme reproduisant l'une des maisons d'une rangée de maisons "identiques".

Toutes les trois ou quatre minutes, un avion "Jet-Star", volant à sa puissance maximum, survole ce bâtiment à une altitude de 150 pieds environ (45 mètres). A l'intérieur, on a placé des microphones pour enregistrer les bruits de l'avion sur des bandes magnétiques.

"Ce que nous mesurons", nous a dit le Dr Quirt, "c'est la différence entre les niveaux sonores à l'extérieur et à l'intérieur, c'est-à-dire entre le bruit enregistré par le microphone monté sur le mât et les bruits enregistrés à l'intérieur. De cette manière il nous est possible d'évaluer directement l'insonorisation".

Le public s'intéresse de plus en plus à ces questions de bruit autour des aéroports car on construit des habitations de plus en plus près des pistes quoique le nombre des avions et leur puissance augmentent sans cesse. Le bruit des avions peut perturber le sommeil, gêner les conversations et même donner un sentiment d'intrusion. A ces bruits, s'ajoute celui des véhicules sur les autoroutes et aux environs des entrepôts et des hôtels. Aujourd'hui, on sait construire des hôtels très bien insonorisés mais les petites maisons et les appartements sont loin d'être parfaitement étanches au bruit.

Le Dr T.D. Northwood, chef de la section des bruits et des vibrations, nous a dit: "On se pose encore beaucoup de questions sur la manière dont le bruit pénètre à l'intérieur des petites maisons. Nos travaux en ces domaines ont commencé à la demande de la Société centrale d'hypothèques et de logement (SCHL), organisme qui préparait un recueil de lignes directrices sur l'utilisation des espaces proches des aéroports et toutefois classés comme résidentiels. Le but de l'étude est de vérifier si l'information contenue dans ce recueil est sûre, c'est-à-dire si l'on peut construire des résidences dans une zone intermédiaire à condition toutefois de prendre certaines mesures spéciales".

Près des aéroports, il existe deux sources de bruits: le bruit lié au survol des avions qui vont atterrir ou qui viennent de décoller et le bruit émis par l'avion durant les manoeuvres au sol, c'est-à-dire durant les "points fixes" et le roulement.

Le survol est probablement à l'origine du problème le plus commun et le plus sérieux. Lors d'un survol, les ondes sonores sont de plus en plus intenses, atteignent un maximum, puis décroissent à mesure que l'avion s'éloigne. C'est près de l'extrémité des pistes que le problème du bruit est le plus sérieux.

Au cours des manoeuvres au sol, le bruit varie moins en direction que durant le survol mais, en général, il dure plus longtemps. C'est près des extrémités des pistes que la

nuisance est la plus accentuée. On peut réduire le bruit provenant d'un avion au sol en plaçant, entre les habitations et la piste, des monticules ou des murs et en orientant vers la piste les façades les moins sensibles au bruit. On peut aussi aménager des zones boisées autour des aéroports et orienter les bâtiments de sorte que les ondes sonores ne soient pas renvoyées d'une façade sur l'autre. Dans le cas du survol, il est possible d'aménager en chambres les pièces des étages inférieurs. Dans le cas du bruit émanant des appareils au sol, il est possible de dormir dans les pièces du côté opposé à la piste.

Il existe des méthodes d'évaluation de l'exposition au bruit. Elles sont le résultat d'un effort international et permettent de combiner de nombreux facteurs pour donner un nombre unique d'évaluation. Actuellement, le Ministère des transports emploie une méthode qui donne une Prévision du bruit perçu ou PBP. Pour faire les calculs, il faut faire entrer en ligne de compte les types d'avions, leurs caractéristiques de bruit, le nombre de décollages et d'atterrissages sur chaque piste et les heures où ces atterrissages et décollages ont lieu. Le bruit donné par chaque appareil est mesuré en décibels effectivement perçus, ou EPNdB.

Actuellement, la SCHL autorise la construction de résidences sans aucune restriction dans la région où le niveau de bruit selon la PBP est inférieur à 25 mais elle exige que la construction soit spéciale pour les régions dont les niveaux sont compris entre 25 et 35.

Le Dr Northwood a continué: "Notre maison expérimentale se trouve placée dans une zone à niveau sonore nettement plus élevé puisqu'elle se trouve entre les niveaux 35 et 40, c'est-à-dire dans une région où la construction de logements serait interdite, où tout au moins non financée par la SCHL.

Une face de l'immeuble à premier étage et une moitié du derrière sont revêtues de stuc. L'autre moitié et l'autre face ont un revêtement de bois de sorte qu'on étudie en fait deux sortes de maisons. Le reste du bâtiment simule un "bungalow" et un appartement à murs de briques. On a utilisé un toit plat et mansardé, un toit à double pente et mansardé et un toit à double pente ordinaire. A l'intérieur, le bungalow est divisé en deux sections au moyen de cloisons et la maison elle-même comprend deux chambres en haut et deux en bas. Dans chaque pièce, dans le grenier du bungalow et sur le toit, on a placé un microphone.

"Pour chaque groupe de mesures, nous avons changé la structure", nous a dit le Dr Quirt, chargé des essais. "La porte du patio, par exemple, a maintenant un panneau simulant la structure sonore du mur de sorte que nous étudions cette pièce comme si elle n'avait pas de porte mais seulement des fenêtres. Naturellement, on peut aussi "supprimer" les fenêtres avec un panneau et ne garder que la porte. On y trouve une cheminée que l'on peut également fermer. En fait, nous pouvons fermer plusieurs éléments de la maison et étudier la transmission du son d'autres éléments".

Les microphones sont reliés à deux enregistreurs magnétiques placés dans l'appartement.

Le Dr Quirt nous a dit: "Nous gardons trace de chaque survol et notre ordinateur fait le dépouillement des mesures. Nous ne pouvons pas, en effet, nous contenter de dire que tel ou tel survol a été très bruyant mais nous devons au contraire faire de longs calculs pour déterminer le spectre des fréquences et l'influence des durées. Nous cherchons à déterminer comment la transmission du son varie en fonction de l'angle d'inci-

Where flyover noise is a problem, bedrooms could, with advantage, be located below other rooms. Where ground noise is the problem, bedrooms could be located on the side of the dwelling farthest from the noise source.

A number of methods have been devised for evaluating noise exposure in the vicinity of airports. International in origin, all combine many factors into a single number evaluation. The system currently used by the Ministry of Transport is the Noise Exposure Forecast or NEF. Calculation of NEF requires information about the types of aircraft using the airport and the noise they generate, the number of take-offs and landings on each runway and when they occur. The noise generated by each individual aircraft type is measured in effective perceived noise decibels (EPNdB).

At the present time, CMHC authorizes residential construction, without any restrictions, in the region below NEF 25. However, the region between NEF 25 and 35 requires special construction.

"Our house is at a substantially higher level than that," says Dr. Northwood. "It is located between NEF 35 and 40 — that is, in an area where residential dwellings would be prohibited, or at least would be refused financing by CMHC."

One side of the "two-storey house" and half the back is covered with a stucco finish; the other half of the back and the other side have a wood siding, so that in effect, two kinds of houses can be studied. The rest of the building simulates a brick-walled "bungalow" and an "apartment". Three roof configurations are being tested — flat roof and mansards, peaked roof and mansards, and just a peaked roof. Inside, the bungalow is divided into two sections by partitions and the "house" itself is also divided — two rooms upstairs and two rooms downstairs. Each has a microphone. A microphone also is located in the attic of the bungalow and on the roof.

"For each set of measurements, we change various aspects of the structure," says Dr. Quirt, who is in charge of the experimental aspects of the testing. "For example, the patio door now has a panel which simulates the structure of the wall as far as sound is concerned, so that we are studying this particular room with its doors blocked off and the windows in their regular form — that is, we are studying what happens when we have a room with just the windows but no door. In another room, all the windows are blocked off, but not the door. There is a fireplace in this room which also can be blocked off. Basically we can block off various elements of the "house" and study the sound transmission of others."

Cables from the microphones run down to the instrumentation booth in the apartment section. Here there are two tape recorders on which the sound is recorded.

"We keep records for each overflight," says Dr. Quirt, "then we bring them back to the laboratory and analyze them using the computer. However, it is not just a matter of saying that a particular flypast is so loud. It requires extensive calculation, and it is a matter of looking at the frequency spectrum of the sound and the duration of the flypast. One of the things we are interested in is how the sound transmission varies as a function of the angle between the aircraft and the facade; by changing the path of our aircraft, we can vary that angle quite a bit."

Large four-foot square panels in fluorescent colors mark the required path for the pilot. As he gets closer to the house, he cannot see very much because the nose of the aircraft is long, so he must line up from a considerable distance back.

As the plane flies over, a picture is taken, and from the characteristics of the camera, the camera angle, and the plane's position on the frame, the actual angle for that particular flypast is determined.

Pilot Don Allin of the Ministry of Transport (MOT) (who himself lived near an airport at one time and now has moved to the country to "get away" from the city noise) says the fly-overs are "all part of the job."

Although commercial aircraft usually fly past at about 300 feet, 150 feet higher than the test situation, Dr. Quirt says "we are not so worried about simulating a true situation as we are in getting the best possible measurements similar to a true situation. The more noise we get outside the house, the more accurately we can measure the difference between inside and outside."

"We tried to introduce variables from the wood siding to the brick," says Dr. Northwood, "to give us the range that could occur in typical construction. But the basic house is a wood frame. As far as sound insulation is concerned, brick is by far the best insulator, then stucco, and wood is the worst."

"The most important element," says Dr. Quirt, "as far as outdoor noise is concerned, is the window. And perhaps the second most important factor is the door. As yet we don't know about roofs. But windows seem to be the limiting factor. In order to get acoustic insulation from a window which is qualitatively similar to the materials around it, you have to go to special windows with heavier glass and multiple panes. The real expense comes when you accept the fact that in order to keep the indoors quiet you have to keep the windows closed. When you seal up the windows, then you have to provide ventilation. A forced-air ventilating system is required; if air conditioning is desired, it can be incorporated in such a system for a reasonable additional cost."

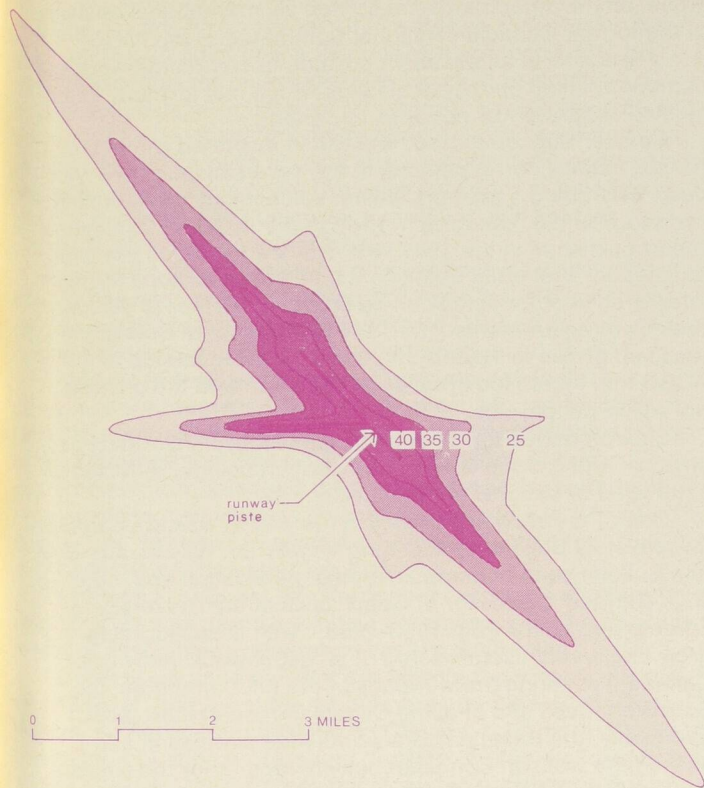
"Our research program," explains Dr. Northwood, "has been greatly accelerated by the cooperation we have received from MOT and CMHC. Our main contribution has been the research effort and to some extent the instrumentation built specially for this job. CMHC provided the building, which they built and maintain; and MOT supplied the land, the planes, and NEF contour maps of the area."

"We hope to finish testing by the end of the year, but at the moment, our results qualitatively seem to bear out the CMHC guidelines."

"We also will be conducting tests with ground traffic noise," says Dr. Northwood, "trucks, transports, etc., — what we want to do is to make the fullest possible use of all the information we have collected from aircraft for problems involving buildings near road traffic routes."

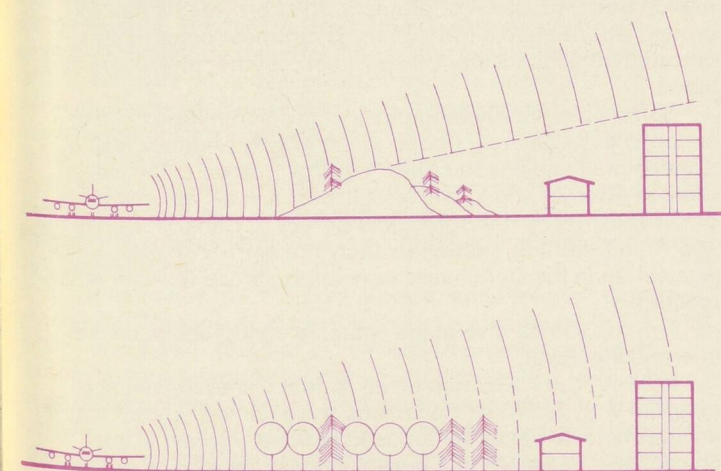
□ **Joan Powers Rickerd**

... le bruit des avions



Noise Exposure Forecast (NEF)
areas: below NEF 25, residences may be constructed without restriction; between NEF 25 and 35, special construction is required; NEF 35 - 40, site of experimental house.

Carte des niveaux prévus de bruit (PBP) autour d'un aéroport.
En dessous de 25: aucune restriction de construction. Entre 25 et 35: construction spéciale. La maison expérimentale est située entre 35 et 40.



Noise from aircraft on the runway may be reduced by introducing between the dwelling and the noise source, mounds, walls, or parts of buildings not sensitive to excessive sound.

On peut se protéger des bruits de piste jusqu'à un certain point en intercalant des obstacles, comme des monticules et des murs, entre les pistes et les habitations.

dence des ondes sonores sur la façade exposée car on peut faire varier cet angle jusqu'à un certain point en changeant la trajectoire de l'avion".

Des panneaux carrés de quatre pieds de côté, peints de couleurs fluorescentes, indiquent au pilote la trajectoire à suivre car, à mesure qu'il s'approche, le nez de son avion lui cache la maison ce qui fait qu'il doit la "viser" de très loin.

Lorsque l'avion survole la maison, on prend une photographie et l'on détermine l'angle d'incidence des ondes sonores en fonction des caractéristiques de la caméra, de son angle de braquage et de la position de l'avion sur la photographie.

M. Don Allin, pilote du Ministère des transports, qui a lui aussi habité près d'un aéroport mais vit maintenant à la campagne pour échapper aux bruits urbains, nous a dit que ces survols "font partie de son travail".

Quoique les avions commerciaux ne survolent ces lieux qu'à 300 pieds d'altitude environ, c'est-à-dire 150 pieds plus haut que dans le cas de nos essais, le Dr Quirt nous a dit: "Nous sommes moins intéressés à reproduire exactement une situation réelle qu'à faire des mesures aussi bonnes que possible. Plus il y a de bruit à l'extérieur et plus nos mesures de la différence entre les niveaux sonores internes et externes sont précises".

Le Dr Northwood nous a dit: "Nous avons essayé d'introduire des variables comme l'influence des revêtements en briques et en bois afin d'obtenir des résultats correspondant à ces différences de construction. Mais la maison est fondamentalement du type à ossature en bois. La brique est de loin le meilleur isolant, puis vient le stuc et c'est le bois qui est le moins bon".

Le Dr Quirt nous a dit: "Les éléments les plus importants en ce qui concerne les bruits venant de l'extérieur sont la fenêtre, puis la porte. Jusqu'à maintenant, nous ne savons rien au sujet des toits. Toutefois, les fenêtres semblent être le facteur limitant l'isolement acoustique qui ne peut être bon que si l'on installe des fenêtres faites de matériaux aussi bons que ceux des murs, c'est-à-dire des fenêtres spéciales à vitres lourdes et multiples. Le coût de l'insonorisation devient important lorsque l'on accepte de garder les fenêtres fermées car il faut alors installer une ventilation forcée et peut-être aussi un climatiseur. Toutefois, le coût de cette installation n'est pas trop élevé si elle est prévue dans les plans de la maison avant sa construction".

"Notre programme de recherche", nous expliquait le Dr Northwood, "a été grandement accéléré par la coopération que nous avons trouvée au Ministère des transports et à la Société centrale d'hypothèques et de logement. Notre contribution principale se trouve dans la recherche elle-même et, jusqu'à un certain point, dans les instruments que nous avons construits spécialement pour faire ces mesures. La SCHL a construit le bâtiment et le Ministère des transports a fourni le terrain, les avions et les cartes des niveaux de bruit prévus appelés PBP".

"Nous espérons terminer les mesures à la fin de l'année mais, jusqu'à maintenant, nos résultats qualitatifs semblent confirmer les lignes directrices de la SCHL".

"Nous ferons également des mesures du bruit provenant des autoroutes", nous a dit le Dr Northwood, "c'est-à-dire des camions, des autocars, des autobus, etc., car nous voulons exploiter au maximum les renseignements, que nous avons collationnés au cours de ces mesures avec des avions, en les appliquant à des bâtiments proches des routes et autoroutes à grande circulation". □

Associate Committee on Geodesy and Geophysics 29 years later

After 29 years, the activities of the Associate Committee on Geodesy and Geophysics ended in February, 1974, following its 62nd meeting. One of the National Research Council of Canada's longest-running and most active Associate Committees, it had been established in 1945 in response to an emerging national interest in geophysics and Canada's unique geographical position which includes the North Magnetic Pole, a large share of the auroral belt and approaches the North Geographic Pole.

At that time, the Associate Committee superseded its forerunner, a National Committee organized originally by NRC in 1919 as Canada's first delegate body to the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG).

The IUGG has a current membership of 82 countries and is itself one of many international scientific unions. These separate unions are autonomous, non-governmental bodies whose national adherence is through scientific academies such as the Royal Society of London, the National Academy of Sciences in the United States, or the Academie des sciences in France.

The role of the IUGG has been to coordinate the exchange of scientific information among member nations through regular symposia and international General Assembly meetings held now every four years.

The early Canadian National Committee functioned until about 1939 and was comprised of members of the Meteorological Service, the Geodetic Survey of Canada, the Dominion Observatory, as well as university professors from Toronto and McGill. It was later supported by the Department of Mines and Resources. Dominion Geodesist Dr. N. Ogilvie, Dr. O. Klotz, Dr. M. Stewart of the Dominion Observatory, Dr. L. Gilchrist at the University of Toronto and Drs. A.S. Eve and D.A. Keys at McGill University laid the foundation for the great expansion in geophysical work which followed.

During the period between the two world wars, the use of magnetic and electric methods of prospecting had increased in Canada to the point of becoming a minor industry in itself while wartime development of magnetic airborne instruments promised additional improvements to these methods both in accuracy and in speed. Dr. C.J. Mackenzie, then President of NRC, recognized this potential for Canadian industry. To foster these aids in prospecting and to promote fundamental research in allied fields, NRC, in 1945, set up an Associate Committee on Geophysics.

By then, Dr. J. Tuzo Wilson (current Director-General, Ontario Science Centre) had succeeded Dr. Gilchrist at the University of Toronto and became the first Chairman of the new Committee. He recalls the early stages. "In 1945, I assembled most of the people in geophysics in Canada in one room." (By 1974, the membership had expanded greatly to embrace representatives from universities, industry and government departments).

At about the same time, the Chairman of the National Committee for Canada of the IUGG (which had become inactive during the war) decided that, rather than revive his committee as an independent organization, he would propose its merger with the Associate Committee on Geophysics.

At the close of 1946 an amicable and complete combination of the two bodies was concluded and the new organization emerged as the Associate Committee on Geodesy and Geophysics (ACGG).

By functioning as an Associate Committee of NRC, it originally had power to recommend grants for research projects

while, on the other hand, it absorbed all international relations of the former Canadian National Committee of the IUGG.

It was also in an excellent position to coordinate work in a number of allied geophysical fields which had formerly been studied separately or not at all in Canada.

Smaller Subcommittees were then instituted within the ACGG, initially corresponding to the seven associations (geodesy, seismology, geomagnetism, volcanology, meteorology, hydrology and oceanography) within the IUGG. A Committee report published in the 1947 NRC Review looked to the future and hoped "that other sections will be added as soon as those interested in other fields can be brought together to decide their own requirements." By 1974 the number of Subcommittees had grown to 13 and with them the membership of the ACGG had increased greatly to keep pace with the growing activity in geophysics.

Subcommittee topics such as glaciology, exploration geophysics, and isotope studies and geochronology, reflected an extra level of national interest in Canada.

One of the early successes of the ACGG was the Canadian Geophysical Bulletin, edited quarterly by Dr. Wilson until 1949. The Bulletin soon became an annual publication and, notes Dr. G.D. Garland, Professor of Geophysics at the University of Toronto and editor from 1953-1968, "with its bibliography it grew into a very useful record of all geophysical activity in Canada," covering the workings of the full Committee, the Subcommittees and ongoing Canadian research projects. Eventually, the Bulletin had a world-wide circulation and formed the basis of Canadian activity reports for the General Assemblies of the IUGG.

Over the years, the ACGG made many other important contributions to Canadian science.

It became a catalyst and nation-wide coordinator of long-term scientific investigations. J.H. Craven of the Space Research Facilities Branch, NRC, and immediate past Secretary of the ACGG describes the Committee's twice-yearly meetings as a "common ground and a forum for exchange of information and discussion of projects. NRC provided a neutral ground where people from other government departments, universities and industry could all get together to express their views."

Some past recommendations of the Committee have resulted in a glacial map of Canada, a gravity anomaly map of Canada published by the Earth Physics Branch of the Department of Energy, Mines and Resources, and an aeromagnetic map published by the Geological Survey of Canada. During the 1950's, a heat-flow section to study the earth's interior, which was set up in the Dominion Observatory, arose from an ACGG resolution.

The ACGG has also made valuable contributions on the international level.

In 1948, the IUGG convened its first General Assembly after the war. Although Canadians were not well known then on an international scale, an aroused national interest in geophysics was reflected in a large Canadian delegation at Oslo, Norway.

Dr. Wilson, its head delegate, was then elected to the chairmanship of the Union's Finance Committee.

"The finances of the IUGG were in a terrible state," he recalls, "since there had been no meetings during the war. The seven associations had their own separate financing in different countries. Some treasurers had died, records had been lost

Le Comité de géodésie et de géophysique Vingt-neuf ans après

Les activités du Comité associé de géodésie et de géophysique ont pris fin en février 1974 après sa 60^e réunion qui devait mettre un point final à 29 années d'existence. Un des comités associés les plus anciens et les plus dynamiques du Conseil national de recherches du Canada, il avait été créé en 1945 parce que le Canada commençait à s'intéresser à la géophysique et que ce pays occupe une situation géographique unique en ce sens que l'on y trouve le pôle nord magnétique, une grande partie de la ceinture aurorale et qu'il est très proche du pôle nord géographique.

Sa création devait amener, cette année-là, la dissolution d'un Comité national constitué en 1919 par le CNRC comme premier organisme devant représenter le Canada au sein de l'Union géodésique et géophysique internationale (UGGI).

L'Union géodésique et géophysique internationale au sein de laquelle sont représentés 82 pays, n'est elle-même que l'une des nombreuses unions scientifiques internationales. Ces unions séparées sont des organismes autonomes, non gouvernementaux, auxquels les pays intéressés adhèrent par l'intermédiaire d'académies scientifiques comme la "Royal Society", la "National Academy of Sciences", aux États-Unis, et l'Académie des sciences, en France.

Le rôle de l'UGGI est de coordonner l'échange d'informations scientifiques parmi les nations membres grâce à des colloques et assemblées générales tous les quatre ans.

Le premier Comité national canadien a fonctionné, jusque vers 1939, et était constitué de membres du Service météorologique, du Service géodésique du Canada, de l'ancien Observatoire fédéral et de professeurs des Universités de Toronto et McGill. C'est le Ministère des mines et des ressources qui devait en assurer plus tard le financement. L'important développement observé de nos jours en géophysique est dû aux efforts initiaux des Drs N. Ogilvie, O. Klotz, M. Stewart, de l'Observatoire fédéral, L. Gilchrist, de l'Université de Toronto, et A.S. Eve et D.A. Keys, de l'Université McGill, qui en ont jeté les bases.

Entre les deux guerres, la prospection magnétique et électrique s'est développée au point de devenir, au Canada, une petite industrie; pendant la Deuxième Guerre mondiale, le perfectionnement du matériel à bord des avions militaires laissait entrevoir de nouvelles améliorations quant à la précision et à la rapidité de la détection magnétique. L'intérêt que présentaient ces instruments pour l'industrie canadienne n'a pas échappé au Dr C.J. Mackenzie, alors président du CNRC, et c'est ce qui a conduit le CNRC à constituer, en 1945, un Comité associé de géophysique pour encourager l'utilisation de ces instruments en prospection et la recherche fondamentale dans des domaines connexes.

C'est alors que le Dr J. Tuzo Wilson, actuellement directeur général de l'"Ontario Science Centre", a succédé au Dr Gilchrist à l'Université de Toronto et est devenu le premier président du comité dont il évoque les débuts en disant: "En 1945, une seule pièce suffisait à réunir la plupart des géophysiciens du Canada". En 1974, le nombre des membres s'est considérablement accru au point que l'on trouve parmi ceux-ci des représentants des universités, de l'industrie et des ministères gouvernementaux.

A peu près à la même époque, le Président du Comité national canadien de l'UGGI (dont les activités avaient été suspendues durant la guerre), a décidé qu'au lieu de réactiver son comité en tant qu'organisme indépendant, il proposerait sa fusion avec le Comité associé de géophysique.

A la fin de 1946, les deux organismes devaient conclure un accord amiable et fusionner pour devenir le Comité associé de géodésie et de géophysique (CAGG).

En sa qualité de Comité associé du CNRC, il pouvait recommander que des subventions soient accordées pour des programmes de recherches et se charger d'autre part de toutes les relations internationales de l'ancien Comité canadien de l'UGGI.

Il se trouvait également fort bien placé pour coordonner les travaux dans bon nombre de domaines géophysiques connexes qui, au Canada, avaient été étudiés séparément ou pas du tout.

Par la suite, des sous-comités plus petits ont été créés au sein du CAGG. Ces sous-comités correspondaient à l'origine aux sept associations que groupait l'UGGI, c'est-à-dire celles de géodésie, de séismologie, de géomagnétisme, de volcanologie, de météorologie, d'hydrologie et d'océanographie. On peut lire dans un rapport publié dans la "NRC Review" de 1947: "le comité espère que d'autres sections s'ajouteront aux sous-comités existants dès que l'on pourra réunir les spécialistes des autres domaines scientifiques pour qu'ils décident de leurs besoins". En 1974, le nombre des sous-comités était de treize et celui des membres du CAGG s'était considérablement accru en raison du développement de la géophysique.

Les sujets traités par les sous-comités, comme la glaciologie, la géophysique exploratrice, les études isotopiques et la géochronologie, sont autant de témoignages de l'intérêt supplémentaire manifesté au niveau national au Canada.

Le "Canadian Geophysical Bulletin", publié trimestriellement par le Dr Wilson jusqu'en 1949, est à compter au nombre des premiers succès du CAGG. Ce bulletin s'est rapidement développé pour devenir une publication annuelle et le Dr J.D. Garland, professeur de géophysique à l'Université de Toronto et rédacteur de 1953 à 1968 note: "avec sa bibliographie il s'est développé au point de devenir un très utile ouvrage de référence sur tous les travaux géophysiques canadiens", couvrant tous les travaux du comité, des sous-comités et de recherche au Canada. Le bulletin a fini par avoir une diffusion mondiale et a servi à constituer la base des comptes rendus des travaux canadiens présentés aux assemblées générales de l'UGGI.

Au fil des années, le CAGG a apporté d'autres contributions, à la fois nombreuses et importantes, aux sciences canadiennes.

Il était devenu un catalyseur et un coordonnateur national des travaux scientifiques à long terme. M. J.H. Craven, de la Direction des installations de recherche spatiale du CNRC et dernier secrétaire en fonction au sein du CAGG, décrit les réunions bisannuelles du comité comme un "terrain commun et une tribune pour l'échange d'informations et la discussion des programmes. Le CNRC a fourni, quant à lui, un terrain neutre où les représentants des ministères, des universités et de l'industrie pouvaient se réunir pour exprimer leurs vues".

Certaines des recommandations du comité ont conduit à la réalisation d'une carte des zones glaciaires, d'une carte des anomalies magnétiques du Canada publiée par la Direction de la physique du globe du Ministère des mines et des ressources, et d'une carte aéromagnétique publiée par la Commission géologique. C'est à la suite d'une résolution du CAGG que devait être créée, entre 1950 et 1960, au sein de l'Observatoire fédéral, une section des écoulements thermiques pour étudier l'intérieur du globe.

Le CAGG a également apporté des contributions précieuses



Canada was host to the General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics during the International Geophysical Year (IGY) in 1957. Upper left, lower right: postage stamps highlight some global activities during the IGY. Upper right: The Right Honorable John Diefenbaker, then Prime Minister of Canada, opens the General Assembly in Toronto as city mayor Nathan Phillips (third from right) and NRC President Dr. E.W.R. Steacie (second from right) look

on from the front row. Lower left: Dr. J.T. Wilson, Chairman of the Canadian organizing committee plans for the September conference. In the centre is the circular logo of the IUGG in which the blue color denotes earth and water while the green area represents the atmosphere. The white peaks and troughs take the form of a seismic wave or transient, and symbolize the heights and depths of our planet.

C'est au Canada que s'est tenue, en 1957, l'Assemblée générale de l'Union géodésique et géophysique internationale pendant l'Année géophysique internationale. En haut, à gauche, et en bas, à droite: timbres émis à l'occasion de l'AGI. En haut, à droite: le Très Honorable John Diefenbaker, alors Premier Ministre du Canada, prononce l'allocation d'ouverture de l'Assemblée générale, à Toronto, en présence du maire de la ville, M. Nathan Phillips (troisième à partir de la droite, au 1er

rang) et du président du CNRC, le Dr W.R. Steacie (deuxième à partir de la droite). En bas, à gauche: le Dr J.T. Wilson, président du Comité d'organisation canadien, prépare la conférence de septembre. Au centre, le symbole de l'UGGI, le bleu représentant les terres et les océans alors que le vert représente l'atmosphère. Les pointes et les creux blancs revêtent la forme d'une onde sismique, ou onde transitoire, et symbolisent les sommets et les profondeurs de notre planète.

au niveau international.

C'est en 1948 que l'UGGI a convoqué sa première assemblée générale à Oslo.

Le chef d'une importante délégation canadienne, le Dr Wilson, a été alors élu président du Comité financier de cette union.

Citons le Dr Wilson: "Les finances de l'UGGI étaient alors dans une condition pitoyable étant donné qu'il n'y avait pas eu de réunion pendant la guerre et chacune des sept associations assurait son propre financement. Certains trésoriers étaient décédés, des archives avaient été perdues et les effets de l'inflation et de la guerre avaient laissé leurs traces".

L'état des archives était tel que le Dr Wilson a engagé un expert comptable pour éclaircir la situation et faire un rapport qui a été présenté à la deuxième Assemblée générale de l'UGGI, en 1951, à Bruxelles. Selon le Dr Wilson, "les participants se sont montrés très impressionnés par la façon dont les Canadiens étaient parvenus à faire surgir l'ordre du chaos".

Pour témoigner sa satisfaction, l'Union a alors élu le Dr Wilson au sein de son conseil d'administration dont il a assuré la présidence de 1957 à 1960.

L'effort des Canadiens au niveau international a été encore reconnu lors de l'Assemblée générale de Berkeley, en 1963, lorsque le Dr Garland a été nommé secrétaire général de l'union. Son mandat de dix ans a permis aux Canadiens d'avoir une position influente en qualité de membres du conseil d'administration pendant de nombreuses années.

Le Dr W.L. Godson a été élu, en 1960, secrétaire de l'Association internationale de météorologie et de physique de l'atmosphère; le Dr J.H. Hodgson a été président de l'Association internationale de séismologie et de la physique de l'intérieur du globe, de 1963 à 1967.

La représentation canadienne qui n'était que de deux délégués à la première assemblée générale de l'UGGI, à Rome, en 1922, atteignait cent membres à la quinzième assemblée qui s'est tenue à Moscou en 1971.

L'année 1957, c'est-à-dire l'Année géophysique internationale (AGI), a marqué l'un des tournants de la participation canadienne à l'UGGI.

L'AGI était elle-même une émanation de deux Années polaires internationales, la première en 1882 et la seconde 50 ans plus tard en 1932. Avec le développement de la géophysique, il est très vite apparu que de nombreux scientifiques éminents avaient cessé toute activité avant 1932 et c'est pourquoi il a été proposé qu'une Troisième année polaire ait lieu non pas cinquante années après la deuxième mais en 1957, soit seulement vingt-cinq années plus tard.

Mais pendant la période 1950-1960, les scientifiques ne faisaient plus porter uniquement leur intérêt sur les mystères des régions polaires mais également sur ceux que recélaient les océans et les zones équatoriales. C'est pourquoi il a fallu élargir les domaines couverts par l'Année géophysique internationale et qu'il est devenu impératif de jeter les bases d'une collaboration internationale. Dans les domaines scientifiques comme la chimie et la physique la majeure partie des recherches importantes ne se faisait guère que dans les pays très industrialisés mais dans le cas de la géophysique, les observations faites dans les régions même inhabitées, devenaient aussi importantes que celles faites en pays industrialisés.

L'UGGI avait choisi Buenos Aires pour son assemblée générale de 1957 mais pour diverses raisons les organisateurs ont été conduits à changer leurs plans. Le Dr E.W.R. Steacie,

alors président du CNRC, a proposé que l'assemblée générale ait lieu au Canada. Le Dr Wilson, qui était vice-président de l'UGGI, et le Dr J.A. Jacobs, ont été nommés respectivement président et secrétaire du Comité organisateur canadien et c'est Toronto qui a été choisi pour la réunion.

Cette assemblée a accueilli 1 500 délégués représentant cinquante nations et a constitué le plus grand rassemblement de géophysiciens jamais observé au cours de l'AGI.

Ces scientifiques ont jeté les bases d'un système d'échange d'informations qui fonctionne grâce à un réseau mondial de centres de données. Parmi les importantes découvertes scientifiques faites dans le cadre de l'AGI, au cours de 1957, nous citerons la découverte des ceintures de radiations de Van Allen et celle des plus grandes chaînes de montagnes du monde sous les eaux de l'Océan Atlantique.

Dans l'intervalle, le Dr C.S. Beals, ancien astronome de l'Observatoire fédéral d'astrophysique, était devenu président du CAGG (1951). Les Drs B.W. Currie, R.J. Uffen et J.H. Hodgson devaient lui succéder, respectivement, en 1957, 1964 et 1967. Le Dr J.A. Jacobs, directeur de l'Institut de physique du globe et d'astrophysique, à l'Université de l'Alberta, a assuré la présidence du comité de 1972 jusqu'à sa dissolution au cours de la dernière réunion de février. Plus récemment, le Dr Jacobs a lui-même accepté de succéder au Professeur Sir Edward Bullard comme professeur de géodésie et de géophysique à l'Université de Cambridge. Citons le Dr Jacobs:

"Tous les membres du comité ont regretté qu'on soit conduit à le dissoudre étant donné le rôle capital qu'il a joué pour assurer la réputation des géophysiciens canadiens. Le Canada a apporté une contribution extrêmement importante à la géophysique internationale et le nombre de Canadiens qui ont occupé ou occupent encore des fonctions administratives au sein de conseils internationaux en témoigne".

Les Canadiens ont joué un rôle particulièrement éminent dans les recherches touchant la physique du globe et l'exploration minière. Lors de la réunion du 22 février 1974 du CAGG, le Dr H.O. Seigel, président de Scintrex Ltd., a estimé que 53% des travaux exécutés en géophysique minière dans le monde, comprenant la fabrication des instruments et l'exécution de travaux sur chaque continent, l'ont été par des sociétés installées au Canada.

L'organisme devant succéder au CAGG est en cours de création mais son orientation sera différente. Au cours des deux dernières années, le Dr Jacobs a conféré avec des représentants de l'Association canadienne des physiciens (Dr A.E. Beck) et de l'Association géologique du Canada (Dr M.J. Keen) pour mettre sur pied une Union géophysique canadienne (UGC) qui assurera une partie des fonctions de l'ancien CAGG. Pour éviter toute interruption, les actuels membres du CAGG formeront le Comité national canadien de l'UGGI jusqu'à la fin de 1975. Le Dr K. Whitham, directeur des études sur la physique du globe au Ministère de l'énergie, des mines et des ressources, succédera alors au Dr Jacobs comme président.

Bien que le CAGG ait été l'un des comités associés les plus actifs au cours de ces 29 années d'existence, on a pensé qu'un changement d'orientation contribuerait au développement de plusieurs associations scientifiques au Canada. La dissolution du CAGG a été décidée en partie pour permettre à ces sociétés scientifiques de prendre en charge les fonctions des divers sous-comités. □

and inflation and war had taken their toll."

The Gordian Knot of available records prompted Dr. Wilson to hire a chartered accountant to prepare an executive report. When it was presented to the next General Assembly in Brussels in 1951 he notes that the delegates "were very impressed by the way in which Canadians had produced order out of chaos."

In response, the Union elected Dr. Wilson to its executive of which he eventually served as President from 1957-1960.

The involvement of Canadians at the international level was acknowledged again at the Berkeley General Assembly in 1963 when Dr. Garland was appointed Secretary-General of the Union. His 10-year tenure ensured that Canadians had an influential position as members of the executive for many years.

Also within the IUGG, Dr. W.L. Godson was elected Secretary of the International Association of Meteorology and Atmospheric Physics in 1960, while Dr. J.H. Hodgson served as President of the International Association on Seismology and Physics of the Earth's Interior from 1963-1967.

From a representation of two delegates at the first IUGG General Assembly in Rome in 1922, Canadian involvement grew to 100 members at the fifteenth Assembly in Moscow in 1971.

One highlight of Canadian involvement in the IUGG came during the International Geophysical Year (IGY) in 1957.

The IGY itself was a descendant of two International Polar Years held first in 1882, then 50 years later in 1932. With the subsequent rising activity and interest in geophysics, it became evident that many prominent scientists would no longer be active before 50 years more had elapsed. It was then proposed that a Third Polar Year be held after 25 years (1957).

But by the 1950's, scientists had become equally interested in the world's oceans and equatorial areas as they were in the polar regions. The result was an International Geophysical Year of wider scope. For such a global venture, international co-operation became imperative. By comparison, in such advanced sciences as chemistry or physics, most significant research was done in developed countries and could proceed adequately in individual laboratories regardless of activity elsewhere in the world. This was not so in geophysics where observations made in developing countries and uninhabited regions were as important as any others in completing the worldwide data picture.

The IUGG chose Buenos Aires, Argentina, as the original location for its 1957 General Assembly, however, a change in venue eventually became necessary. The proposal that Canada become the host country for the Assembly was supported by Dr. E.W.R. Steacie, then President of NRC. Dr. Wilson (then Vice-President of the IUGG) and Dr. J.A. Jacobs were appointed Chairman and Secretary of the Canadian arrangements committee and Toronto was selected as the location for the meeting.

This gathering, which was the largest assembly of geophysicists during the IGY, was attended by 1500 delegates representing 50 nations.

These scientists established a cooperative exchange of information which has been continued since and the world data centers which were established then are still in operation. Major scientific contributions from that year included the discovery of the earth's Van Allen belts of radiation as well as the continuity of the mid-ocean ridges, the largest mountain ranges on earth.

During this time, Dr. C.S. Beals, former Dominion Astrono-

mer, had become Chairman of the ACGG (1951). He was succeeded in turn by Dr. B.W. Currie (1957), Dr. R.J. Uffen (1964) and Dr. J.H. Hodgson (1967). Dr. J.A. Jacobs, Director of the Institute of Earth and Planetary Physics at the University of Alberta, served as Chairman from 1972 until the Committee's final meeting in February, 1974. Most recently, Dr. Jacobs has agreed to succeed Professor Sir Edward Bullard as Professor of Geodesy and Geophysics at the University of Cambridge.

"All members of the Committee regretted the fact that the ACGG was to be disbanded," Dr. Jacobs says, "since over the years it had done so much to establish the Canadian role in geophysics. Canada has made an extremely important contribution to international geophysics — this can be seen at a glance from the number of Canadians who have held and are holding administrative positions on international councils."

Canadians have played a particularly prominent part in the physics of the earth and in mining geophysical exploration. At the February 22, 1974 meeting of the ACGG, Dr. H.O. Seigel, President of Scintrex Ltd., estimated that 53 per cent of the world's work in mining geophysics, including both the manufacture of instruments and the execution of surveys on every continent, was carried out by Canadian-based firms.

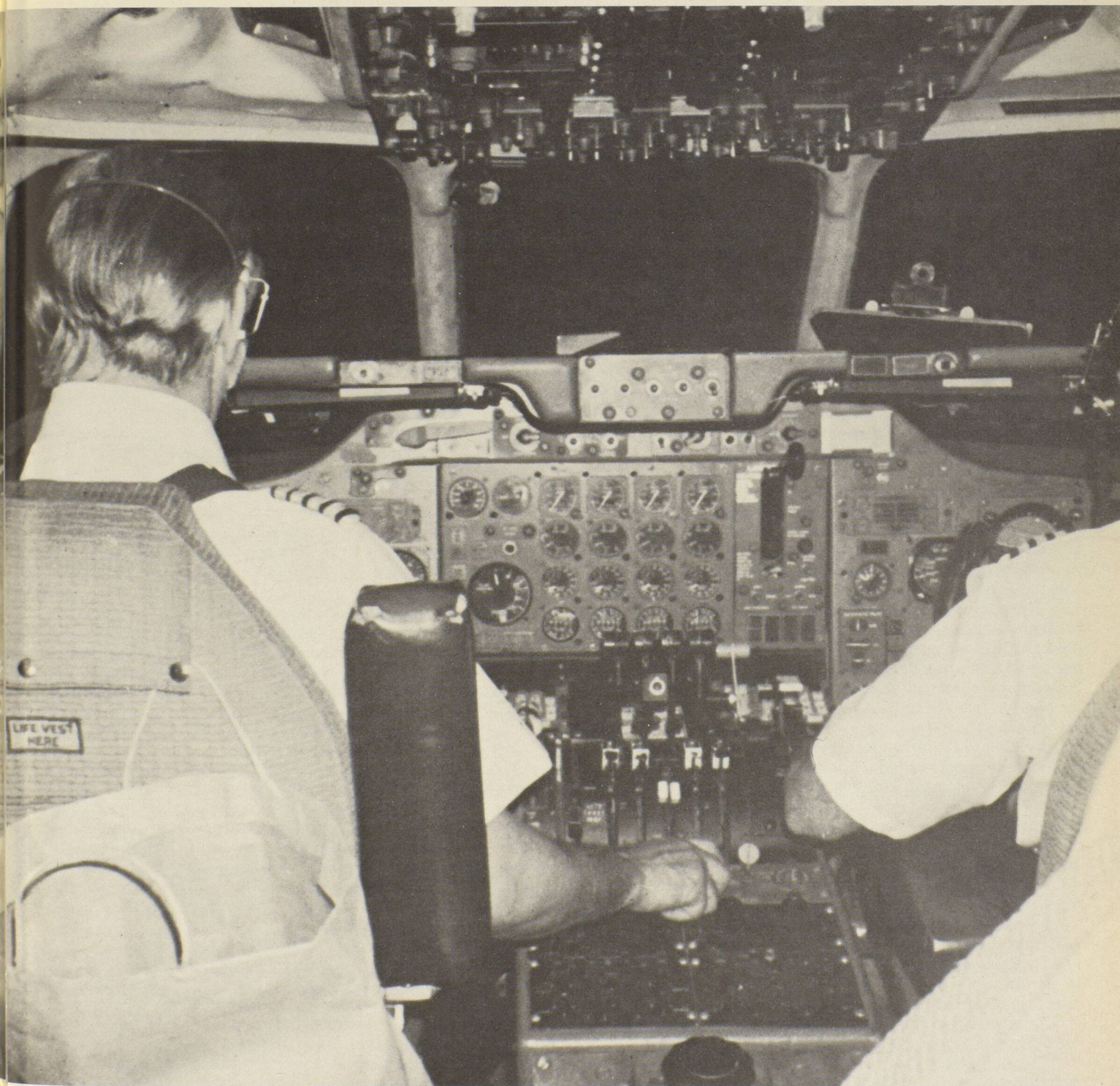
A successor to the ACGG is being formed, but along different lines. During the last two years, Dr. Jacobs has conferred with representatives of the Canadian Association of Physicists (Dr. A.E. Beck) and the Geological Association of Canada (Dr. M.J. Keen) to set up a Canadian Geophysical Union (CGU) which will assume in part some of the duties of the old ACGG. To maintain continuity, existing members of the ACGG will form the Canadian National Committee for the IUGG until the end of 1975. At that time, Dr. K. Whitham, Director of the Earth Physics Branch of EMR, will succeed Dr. Jacobs as Chairman.

Although the ACGG has been one of the most active and effective Associate Committees during its 29-year lifetime, the current change of emphasis has accelerated the development of several professional societies in Canada. In phasing out the ACGG, the National Research Council is encouraging these scientific societies to play a greater and more direct role in the responsibilities heretofore associated with various Sub-committees of the ACGG.

□ **W.J. Cherwinski**

Stress on man the controller—

Jet lag effects on human performance



Le stress chez les pilotes

Les décalages de l'heure et de la date

Suspend a man thousands of feet in the air in a pressurized container. Surround him intimately with intricate electronic equipment and subject his container to heat, cold and inclement weather. Expect him to adjust accordingly, know where he is at all times and perform on a rigid schedule. Ask him to communicate and respond to several people at once. Next, blend in a varied sleep regime and stir his biological rhythms. Add a sprinkle of fatigue, a dash of stress and let simmer for several hours. Now, give him the responsibility for the safety of hundreds of others. You've just prepared an airline pilot.

Despite the difficulties of his job, he is expected to perform efficiently at all times. But in an emergency, like anyone else under stress, the pilot may be pushed to his limits of capability.

Scientists in the Control Systems Laboratory of the National Research Council of Canada's Division of Mechanical Engineering are concerned with his limitations under these conditions and how they are approached. Their efforts have centered on the stressing effects of time zone changes on performance of the pilot and his aircrew.

Dr. Alan Tanner is Canadian coordinator for the Commonwealth Advisory Aeronautical Research Council which is concerned with the problems of air travel. Since 1966, he and Dr. Leslie Buck have studied man as a controller, to determine what he can do best by himself and when he needs augmentation. A host of stresses associated with flight, in addition to natural stresses of a personal, emotional, financial or medical nature, may affect the pilot as a controller and all contribute in some way to his ability to fly an airplane.

"The pilot may become augmented with advanced mechanical flight controls," says Dr. Tanner, "but he will always be necessary as a strategist and decision-maker. Human error is the largest concern these days especially when aircraft maintenance has become so efficient that it's most improbable for parts to fail. We're trying to help the pilot in any way we can."

To evaluate aircrew performance, scientists received the cooperation of Canadian Pacific Airlines to experiment within the context of normal flight operations, as well as cooperation from the Canadian Air Line Pilots Association and the Canadian Air Line Flight Attendants Association. Tests were conducted to coincide with work schedules for a CP Air aircrew flying the North Pacific route between Vancouver and Tokyo during the winter of 1971-1972. On this flight, as an aircraft crosses seven time zones (including the international date line), its passengers and crew 'gain' seven hours in time.

Six crew members were tested immediately before and after each 11½ hour flight. In addition, each subject was asked to keep a log book of his or her sleep times during the experimental period, while data of flight conditions as well as subjective assessments of each flight were also obtained.

Data were recorded on separate testing equipment by two experimenters, one at Vancouver and one at Tokyo.

The instrument used for these studies was the stressalyzer, apparatus based on an idea of the late Dr. C.B. Gibbs and developed in the Division of Mechanical Engineering. Originally designed to study the effects of psychological stress on operator efficiency, it also has been used in studies on sleep deprivation.

The stressalyzer comprises a control unit and a tracking unit with a display of five lamp positions which can be illuminated separately and at random. To begin a test, the centre lamp is illuminated and the subject turns a wheel to bring a cross-hair pointer into alignment with it. The pointer and control wheel are

coupled in a reverse sense whereby the subject must move the wheel to his right (clockwise) to move the pointer to the left. To eliminate large-scale errors during testing, aircrew subjects were pre-trained on the apparatus.

As the target moves to a new position, the subject responds with a new alignment. This continues for 100 movements of the target from the first position. Alignments must be precise and intentional (the pointer must remain on target for a certain length of time) since rapid excursions across the target are not accepted.

The control unit presents new targets as alignment conditions are met, measures the time characteristics of the responses and records the data on a cassette-mounted magnetic tape which is then processed by computer. Alternately, all the control functions can be supplied by a general-purpose digital-analogue computer instead of the control unit.

Several performance parameters can be obtained in this way. Reaction time is the time taken for the subject to initiate a response to a new light stimulus. An error correction time represents the time the subject requires (whenever an error is made) to get the pointer moving in the proper direction. A subject's movement time includes the interval after the correct motion of the pointer is established until the target stimulus is reached and the pointer rests on it. Scientists account for the fact that movement times will be longer for more widely-separated targets such as light positions one and five and also consider the probability factor in the positions of successive stimuli.

"We've found previously," explains Dr. Tanner, "that the time taken by laboratory subjects to execute a movement when they have been deprived of sleep is greatly increased over what it was originally. Their reaction times haven't changed nor has their decision-making ability, but the total time to execute a response has nearly doubled in some instances. Although we're only dealing with hundreds of milliseconds, an airplane goes a long way in that time at high speed."

Dr. Tanner feels these results are significant in providing an objective measure of human performance. Like everyone else, aircrew know (subjectively) when they are most active and alert during the day. Similarly, they sense when they feel tired or stressed. However, until now, there has been no method of translating their awareness into a measurable form. Although, for example, blood pressure or respiratory rate can be measured, such data do not reflect an actual quality of performance on various tasks.

By using this measure of performance, scientists were able to test the effects of disturbed sleep patterns on aircrew. These disturbances in sleep patterns (often referred to as 'jet-lag'), are a well-known consequence of transmeridional travel and are attributed mainly to desynchronization between local time and individual sleep-wakefulness cycles.

By compiling careful experimental schedules, a control situation was found within the flight regime. After each flight, some crew members would remain in Tokyo for seven days, flying a route from Tokyo to Hong Kong. During this time, they could adapt to the new time zone and recover from their initial fatigue.

Other crew would stay in Tokyo for only 24 hours before flying back to Vancouver. Thus, since crews would alternate these work schedules, the same subjects could be tested under both sets of conditions. All other factors such as flight route, departure times, testing times, direction of flight and the air-

Le stress . . .

Placez un homme pendant plusieurs heures dans une cabine pressurisée, se déplaçant à grande vitesse à des milliers de pieds d'altitude, équipée d'une multitude d'instruments électroniques complexes et soumise à la chaleur, au froid et au mauvais temps. Exigez que cet homme sache à tout instant où il se trouve et qu'il fasse strictement, sans se tromper, ce qui a été prévu. Demandez-lui de répondre immédiatement aux questions posées. Soumettez-le à différents régimes de sommeil et faites varier ses rythmes biologiques. Ajoutez un peu de fatigue et augmentez sa tension d'esprit, ou stress, de temps en temps. Finalement, confiez-lui la vie de centaines de personnes. Résultat? Un pilote de ligne!

On s'attend à ce que le pilote s'acquitte efficacement de sa tâche à tout instant, quelles que soient les circonstances, mais il est certain que, comme toute autre personne en état de stress, il peut être, dans les cas d'urgence, à la limite de ses possibilités.

Les chercheurs du Laboratoire des systèmes de commande de la Division de génie mécanique du Conseil national de recherches du Canada s'intéressent à ces limites et à la manière dont on s'en approche. Leurs études ont donc été centrées sur les effets du stress ayant pour origine le passage rapide d'un fuseau horaire à l'autre durant de longs voyages en avion.

Le Dr Alan Tanner est coordonnateur canadien du "Commonwealth Advisory Aeronautical Research Council", c'est-à-dire du Conseil consultatif de la recherche aéronautique dans la Communauté britannique, organisme qui s'intéresse aux problèmes des voyages aériens. Depuis 1966, il a étudié, avec le Dr Leslie Buck, l'homme en tant que contrôleur d'un système de commande et il a essayé de déterminer ce que l'homme peut faire le mieux tout seul et le moment où il est nécessaire de l'aider. De nombreux stress associés au vol et s'ajoutant aux stress naturels d'ordre personnel, émotif, financier ou médical, peuvent affecter le pilote agissant en contrôleur et avoir une influence sur son pilotage.

Le Dr Tanner nous a dit: "Le pilotage peut être facilité en utilisant des commandes mécaniques des plus perfectionnées mais il restera toujours que le pilote devra prendre des décisions. L'erreur humaine est le domaine faisant l'objet de la plus grande attention de nos jours puisque l'entretien des avions est si efficace qu'il est maintenant très improbable que des ruptures se produisent en vol et c'est pourquoi nous essayons d'aider les pilotes de notre mieux".

Pour évaluer les performances d'un équipage, les chercheurs ont bénéficié de la coopération de la "Canadian Pacific Airlines" (CPAir), qui a contribué aux expériences faites dans le contexte des vols habituels, et aussi de la "Canadian Airline Pilots Association" (l'Association canadienne des pilotes de lignes aériennes) et de la "Canadian Airline Flight Attendants Association" (l'Association du personnel navigant des lignes aériennes canadiennes). Les tests ont été faits dans le cadre des vols réguliers de la CPAir sur le Pacifique Nord, entre Vancouver et Tokyo, au cours de l'hiver 1971-1972. Sur cette route, les équipages traversent sept fuseaux horaires et la ligne de changement de date ce qui fait que les passagers et l'équipage "gagnent" sept heures.

Les vols durent 11 heures et demie et six membres de l'équipage ont été testés immédiatement avant et après ces vols. En outre, chacun d'eux a dû tenir un compte de ses heures de sommeil, noter certaines conditions de vol et fournir des évaluations subjectives.

Ces données ont été ensuite enregistrées par deux expérimentateurs, l'un à Vancouver et l'autre à Tokyo.

Pour ces études, on s'est servi du stressmètre ("stressalyzer" en anglais), appareil basé sur une idée du Dr C.B. Gibbs, aujourd'hui décédé, et mis au point à la Division de génie mécanique. A l'origine, cet appareil avait été conçu pour étudier l'influence du stress psychologique, ou surtension d'esprit, sur l'efficacité d'une personne aux commandes d'une machine; il a été également utilisé pour étudier le manque de sommeil.

Ce stressmètre est constitué d'une unité de contrôle et d'une unité de "poursuite" équipée de cinq lampes qui s'allument séparément et aléatoirement. Pour commencer le test, la lampe du centre est allumée et le sujet tourne un volant jusqu'à ce qu'une aiguille s'aligne sur la lumière. L'aiguille et le volant sont reliés de telle manière que de tourner le volant vers la droite, c'est-à-dire dans le sens des aiguilles d'une montre, envoie l'aiguille vers la gauche et vice versa. Pour éliminer les grosses erreurs durant les expériences, on a entraîné auparavant les équipages à se servir de l'appareil.

Les autres lampes s'allument ensuite, une par une aléatoirement, et il s'agit pour le sujet de tourner le volant pour que l'aiguille se pointe sur la lumière qui change 100 fois de position au cours du test. Les alignements doivent être précis et intentionnels, c'est-à-dire que l'aiguille doit rester pointée sur la lumière pendant une certaine durée puisque les balayages rapides d'un bout à l'autre du cadran ne sont pas acceptés.

C'est l'unité de contrôle qui fait changer les lumières de position dès que les conditions d'alignement sont satisfaites, qui mesure les caractéristiques temporelles des réponses et qui enregistre les données sur un ruban magnétique en cassette lequel est ensuite dépouillé par un ordinateur. Il est également possible de remplacer l'unité de contrôle par un ordinateur analogique-numérique ordinaire.

Plusieurs paramètres peuvent être obtenus de cette manière sur les performances. On appelle temps de réaction le temps qui s'écoule entre l'apparition d'une lumière et le début de la réaction du sujet. Le temps de correction d'erreur est celui dont le sujet a besoin chaque fois qu'il fait une erreur pour que l'aiguille se déplace dans la bonne direction. Le temps de mouvement du sujet est l'intervalle entre le moment où il est établi que l'aiguille se déplace dans la bonne direction et celui où l'aiguille est immobile sur la cible. Les chercheurs tiennent compte du fait que les temps de mouvement sont plus longs si les lumières sont séparées par de plus grands espaces comme c'est le cas entre les lumières un et cinq et ils considèrent aussi le facteur de probabilité dans les positions des stimulations successives.

Écoutons le Dr Tanner: "Nous avons trouvé auparavant que le temps pris par les sujets testés au laboratoire pour exécuter un mouvement après avoir manqué de sommeil est beaucoup plus grand que normalement. Ni leur temps de réaction, ni leur capacité de prendre des décisions n'ont changé, mais le temps total d'une réponse a presque doublé dans certains cas. Il ne s'agit ici que de centaines de millisecondes, mais il ne faut pas perdre de vue qu'un avion volant à grande vitesse parcourt toutefois une grande distance durant ce temps".

Le Dr Tanner pense que ces résultats sont assez significatifs pour donner une mesure objective des performances humaines. Comme tout le monde, les membres des équipages savent subjectivement quand ils sont des plus actifs et des plus vigilants durant le jour. De la même manière, ils savent



CP Air flight attendant Adela Wong prepares for performance testing on stressalyzer in Vancouver Airport. Her test run will be completed in Tokyo, 11½ hours and seven time zone changes later.

Mlle Adela Wong, hôtesse de la compagnie CPAir, se prépare pour un test au stressmètre à l'aéroport de Vancouver. Son test sera terminé à Tokyo, 11 heures et demie plus tard et après avoir traversé sept fuseaux horaires.



quand ils sont fatigués ou surmenés. Cependant, jusqu'à maintenant, on n'a pas trouvé de méthode permettant d'exprimer ces impressions sous une forme mesurable. C'est ainsi, par exemple, que la pression sanguine et le rythme respiratoire peuvent être mesurés mais que l'on ne tire pas de ces mesures une image précise de la valeur des performances.

En utilisant ce système permettant d'évaluer les performances, jusqu'à un certain point, les chercheurs ont pu déterminer l'influence de différentes formes de perturbations du sommeil sur les équipages. Ces perturbations du sommeil sont souvent connues en anglais sous le nom de "jet-lag", c'est-à-dire au fait que l'on traverse de nombreux fuseaux horaires en peu de temps et que l'on est désorienté par les changements d'heures et parfois même de date.

Les expériences ont été déterminées soigneusement et l'on a trouvé qu'il serait bon, après chaque vol transocéanique, que certains membres de l'équipage restent à Tokyo pendant sept jours durant lesquels ils seraient testés et ne travailleraient que sur la ligne Tokyo-Hong Kong. Ainsi, ils pourraient s'adapter plus facilement à leur nouveau fuseau horaire et mieux se reposer du vol transocéanique.

Par contre, les autres membres de l'équipage ne resteraient à Tokyo que 24 heures avant de retourner à Vancouver et d'y être testés. Puis il y aurait alternance de sorte que tous les membres de l'équipage seraient finalement testés dans des conditions semblables. Toutes les autres variables, comme le plan de vol, les heures de départ, les heures des tests, la direction du vol et l'avion lui-même, seraient maintenues constantes.

Les résultats indiquent que les sujets essaient immédiatement de s'adapter aux conditions locales de sommeil et y sont parvenus plus ou moins bien après sept jours dans leur nouveau fuseau horaire. Les performances sont meilleures après sept jours dans ce nouveau fuseau horaire qu'après 24 heures.

Mais il existe d'autres facteurs que les scientifiques doivent aussi considérer. Ils se rendent en effet compte que certains rythmes biologiques du corps humain peuvent être aussi perturbés, à un niveau plus fondamental, par les changements rapides de fuseaux horaires.

Le Dr Tanner nous a dit: "Durant ces vols, on peut dire que l'on change aussi d'heure biologiquement, ce qui s'ajoute à la fatigue inhérente au travail en vol. Il est nécessaire d'étudier plus profondément la question dans ce domaine et plus particulièrement de déterminer le rythme circadien normal des performances humaines avec le stressmètre".

Les fonctions du corps humain fluctuent normalement durant la journée. Pour décrire ce rythme biologique normal, ou biorythme, le Dr Franz Halberg, de l'Université du Minnesota, a utilisé le mot "circadien", qu'il a tiré du latin "circa" signifiant "au sujet de" et "dies" signifiant "journée".

Dès 1935, le Dr Edwin Bunning s'est intéressé au concept du rythme circadien mais, en général, ce concept n'a été accepté par le monde scientifique qu'après 1960.

Le Dr Bunning a écrit: "Jusqu'à ces 15 ou 20 dernières années, de dire qu'un rythme diurne endogène existe était considéré comme l'émanation d'un esprit mystique ou métaphysique".

Aujourd'hui, on estime que 1 000 communications environ sont publiées annuellement sur ce sujet. Une étude sur les habitants des régions arctiques, où le soleil ne se couche pas, a montré qu'ils sont moins sensibles à ces rythmes que les habitants des latitudes moyennes.

On a aussi fait des expériences à long terme sur des êtres humains coupés du monde extérieur en les plaçant dans des grottes et dans des conditions strictement contrôlées. Ces sujets, qui ne peuvent distinguer le jour de la nuit en se basant sur ce qu'ils peuvent voir, ou sur ce que l'on appelle les "Zeitgebers", c'est-à-dire des indications conduisant à une référence temporelle, comme le lever ou le coucher du soleil, évaluent le temps uniquement en fonction de leur période de sommeil et d'activité. C'est pourquoi le corps adopte graduellement des cycles d'environ 28 heures ce qui fait que le sujet a l'impression qu'un jour s'est écoulé toutes les 28 heures au lieu de 24 heures comme c'est le cas normalement.

Ceux qui ont étudié ces sortes d'horloges biologiques émettent l'hypothèse que les processus biochimiques fondamentaux de l'organisme seraient à l'origine des variations du cycle nyctéméral. Selon un modèle bien connu de cette activité, on attribue la variation périodique à une variation parallèle des niveaux enzymatiques alors que, selon un autre, on pense plutôt à une situation oscillante des mécanismes normaux de contrôle biologique qui maintiennent l'homéostasie, c'est-à-dire l'équilibre de l'organisme.

Après plusieurs semaines d'isolement et du fait qu'ils ont vécu des jours plus longs, les sujets émergent à la surface pour trouver que leur propre calendrier est quelque peu en retard. Ces expériences indiquent, parmi d'autres facteurs dus à l'environnement, que le soleil est l'un des plus importants pour imposer un cycle rythmique de 24 heures sur le corps humain en modifiant son rythme endogène.

Les chercheurs ont étudié ce rythme en enregistrant des variations de paramètres physiologiques tels que les battements du cœur ou la température du corps qui fluctuent régulièrement durant la journée. Mais ces mesures n'indiquent guère que la présence d'un biorythme et l'on ne peut toujours pas mesurer les performances d'un individu.

Le Dr Buck nous a expliqué: "Ce que nous devrions comprendre, c'est comment les performances varient naturellement durant une période de 24 heures. Il faut que nous puissions mesurer ces variations avant de pouvoir étudier l'influence des changements de fuseaux horaires".

Malheureusement, les mesures de performances à l'aide de tests psychomoteurs, c'est-à-dire de réponses à une excitation, ne mettent pas en évidence, pour la plupart, une variation aussi régulière.

Une difficulté rencontrée également lors de tests psychomoteurs se trouve dans le fait que le sujet peut habituellement contrôler sa situation et, de ce fait, régler ses propres niveaux. Ainsi, par exemple, une personne fatiguée peut se forcer, en quelque sorte, pour atteindre un certain niveau et y parvenir mais faire un effort beaucoup moindre pour atteindre le même niveau si elle est moins fatiguée. Dans le premier cas, la personne trouve que "c'est plus difficile", tout simplement, parce que l'effort est plus grand. Grâce à cette possibilité que nous avons de doser l'effort en fonction de la difficulté, les performances peuvent rester constantes malgré d'autres facteurs pouvant causer des fluctuations. Plus ce que l'on doit faire est complexe, plus il nous est facile de contrôler cette variation.

Les expériences avec le stressmètre qui ont été orientées vers des travaux plus délicats peuvent donner la réponse.

Le Dr Buck nous a expliqué: "Nous cherchons quelque chose moins bien contrôlable par le sujet, ce qui signifie que nous devons nous orienter vers des mesures comparativement simples des performances comme les mesures du temps de

craft itself, were held constant.

Results indicate that subjects endeavor to adapt immediately to local sleep patterns and have achieved some degree of adaptation after seven days in the new time zone. Performance is better after seven days than after 24 hours.

But there are other underlying factors in performance which scientists must also consider. At a more fundamental level, they realize certain biological rhythms in the human body may also become disturbed by rapid time zone changes.

"During these flights which cross a number of time zones," explains Dr. Tanner, "you're making a shift in the biological clock. It's having an effect on the aircrew which is superimposed on the fatigue generated by the act of flying. More work needs to be done in this area, particularly in determining the normal circadian rhythm of human performance on the stressalyzer."

Human bodily functions fluctuate naturally over the course of one day. To describe this normal biological rhythm, or biorhythm, Dr. Franz Halbert of the University of Minnesota once coined the term 'circadian' from the Latin 'circa' (about) and 'dies' (day).

As early as 1935, Dr. Edwin Bünning pursued the concept of circadian rhythmicity, but until the 1960's there was scant general acceptance of his hypotheses within the scientific community.

"As recently as 15 or 20 years ago," Dr. Bünning once wrote, "to proclaim the existence of an endogenous diurnal (daily) rhythm was regarded . . . as subscribing to a mystical or metaphysical notion."

Today, it is estimated that about 1,000 papers on this subject are published yearly. One study of Arctic inhabitants has shown that people who live under conditions of 24-hour sunlight develop these rhythms to a lesser extent than people living in normal latitudes.

Similarly, long-term experiments have been carried out on humans isolated from all external stimuli in underground dwellings or under strict laboratory conditions. These subjects, unable to discern night from day by common visual cues or Zeitgebers (literally, time-givers), such as the rising and setting of the sun, count the passage of time solely in terms of their periods of sleep and activity. Gradually, natural body rhythms adopt an approximate 28-hour cycle which then becomes, for any subject, his own 'day'.

After several weeks of isolation, and as the result of their longer 'days', subjects emerge to find their personal calendar well behind the actual date. Such experiments indicate that among environmental factors, the sun is most instrumental in imposing a 24-hour rhythmic cycle on the human body by modifying or altering its endogenous rhythm (originating from within).

Investigators of such biological clocks suggest that fundamental biochemical processes may produce this diurnal variation. One popular model for this activity assigns the periodic variation to a concurrent variation in enzyme levels, while another favors an oscillating situation in the normal biochemical control mechanisms which maintain homeostasis (body equilibrium).

Scientists have monitored this rhythm by recording variations in such physiological parameters as heart rate or body temperature which fluctuate regularly over the course of a day. But these measurements, which merely indicate the presence of a biorhythm, give no measure of a subject's performance.

"One thing we ought to know," explains Dr. Buck, "is how

performance varies naturally over 24 hours. Such a measurement is necessary before we can look at the effects of time-zone changes."

Unfortunately, most performance measures, such as scores on a psychomotor task (a task requiring some response to a stimulus) do not show as regular a variation.

One common problem with psychomotor testing is that the subject can usually control his situation and thereby set his own standards. For example, a tired person may exert himself more to achieve a certain standard (it may be a specific motor task) but not as much to achieve the same standard when he is feeling less tired. The former situation is simply more difficult for him since it requires more effort. This built-in mechanism can keep his performance constant despite other factors which cause it to fluctuate. The more complex his task the easier it is for the subject to control this variation.

Experiments on the stressalyzer which have been directed to finer tasks may provide the answer.

"We are looking for something over which the subject has less control," explains Dr. Buck, "and this means going to comparatively simple measures of performance; things like reaction time, the interval between an event occurring and a subject initiating a reaction to it."

Such reaction times in the stressalyzer experiments are commonly in the order of two-fifths of a second and of small magnitude in the subject's experiential terms.

"If one can use processes which occupy this length of time," says Dr. Buck, "then one can be more hopeful that the subject cannot intentionally modify his performance. If he does, it becomes immediately evident. It's here that we're beginning to find the circadian variations."

Several types of performance scores from the stressalyzer data may eventually provide a base line of circadian rhythm for the aircrew tested. This represents the fundamental levels of performance for subjects at all times of the day. Changes resulting from other factors such as stress are usually superimposed on this base line to affect performance further.

Thus, a pilot tested at 5:00 p.m. may achieve a different level of performance than at 1:00 p.m. Scientists recognize that this deviation may result simply from natural variations in circadian rhythm. To assess more accurately the effects of other factors on performance, base line scores for any given time must be subtracted from all tests done on a subject.

Similar future experiments are planned to test CP Air aircrew on a west-east route from Toronto to Rome. In addition, it is hoped that performance testing on north-south routes (which cross no time zones) with other airlines can also be carried out.

Overall, these lines of research on the stressalyzer have two general purposes. One is to develop a means of detecting and measuring impairment of performance under adverse conditions with a view to specifying limits. For example, these may be the time required for satisfactory adaptation to a new time zone or the level of hypoglycaemia (an abnormal decrease in blood sugar) at which control of a machine becomes dangerous. The second is the underlying need to specify more precisely the exact nature of the impairment incurred under these various conditions.

The stressalyzer also offers interesting possibilities for application in other areas where interest is centered on human performance. Research into the effects of alcohol, marijuana and insulin on stressalyzer performance is already being carried out in other laboratories. □ **W.J. Cherwinski**

Le stress . . .

réaction, c'est-à-dire de l'intervalle entre l'apparition d'un "événement" et le moment où le sujet commence à réagir".

"Ces temps de réaction, au cours des expériences avec le stressmètre, sont habituellement de l'ordre de deux cinquièmes de seconde et ne se prêtent guère à une intervention consciente du sujet".

"Si l'on peut utiliser des processus ne dépassant pas cette durée", nous a dit le Dr Buck, "on pourra considérer que le sujet ne disposera pas d'un temps assez long pour modifier ses performances. C'est alors que nous commencerons à trouver les variations circadiennes".

Certaines valeurs obtenues avec le stressmètre, telles que les pourcentages d'erreur et la vitesse d'exécution des tests, peuvent éventuellement fournir une base de départ du rythme circadien dans le cas des équipages testés. Ainsi, on aurait les niveaux fondamentaux des performances des sujets durant 24 heures. Les changements résultant d'autres facteurs comme le stress s'ajoutent habituellement à cette base pour affecter encore plus les performances.

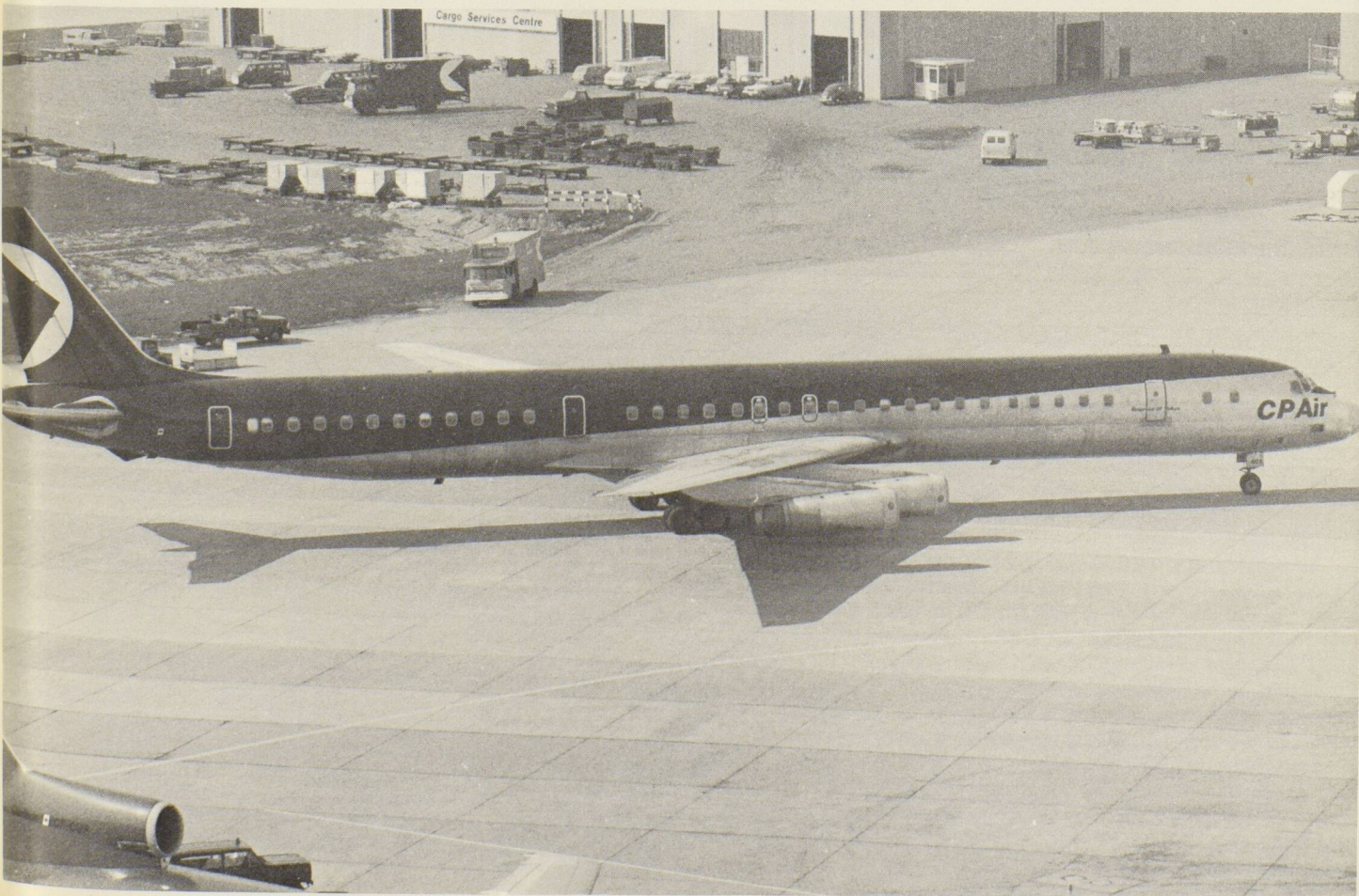
Ainsi, un pilote testé à 17 heures peut atteindre un niveau différent de celui qu'il atteindrait s'il était testé à 13 heures. Les chercheurs reconnaissent que cette déviation peut tout simplement résulter des variations naturelles du rythme circadien. Pour évaluer avec plus de précision l'influence des autres facteurs sur les performances, il faut soustraire les

valeurs de la base de départ.

Des expériences semblables sont prévues pour tester un équipage de la CPAir sur une ligne ouest-est allant de Toronto à Rome. En outre, on espère pouvoir coopérer avec d'autres compagnies de transport aérien pour faire des tests sur des lignes nord-sud, ou sud-nord, c'est-à-dire sur celles qui ne traversent aucun fuseau horaire.

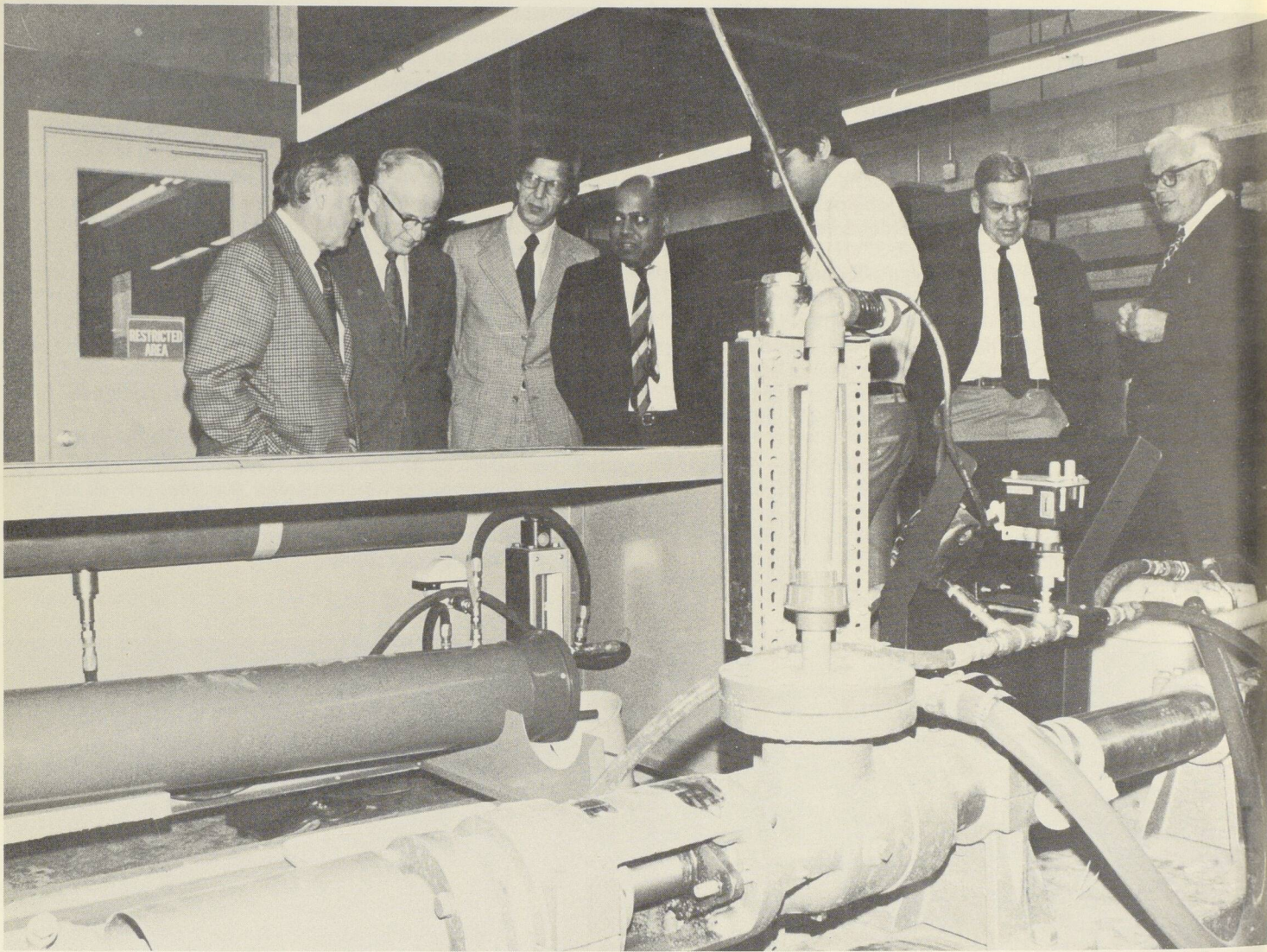
Somme toute, ces recherches faites à l'aide du stressmètre visent à atteindre deux buts principaux. L'un est de mettre au point un moyen de détecter et de mesurer les défaillances humaines dans de mauvaises conditions de travail en vue d'en déterminer les limites. Ainsi il pourrait s'agir du temps d'adaptation à un nouveau fuseau horaire ou de déterminer le niveau d'hypoglycémie, c'est-à-dire une décroissance anormale de la teneur du sang en sucre, au-delà duquel un pilote, par exemple, peut piloter dangereusement. Le deuxième est de trouver la cause précise de cette baisse des performances dans ces différentes conditions.

Le stressmètre offre également des possibilités intéressantes d'applications dans d'autres domaines où les performances humaines sont primordiales. Des recherches sur l'influence de l'alcool, de la marijuana et de l'insuline sur les performances mesurées avec un stressmètre sont déjà en cours dans d'autres laboratoires. □



Is NRC aiding industry?

Ask Electrohome about reverse osmosis



What can the National Research Council of Canada do for Canadian industry? What can it do for your firm? Can it help a company get started in a new area? With funding? With technical assistance?

Would it pay to get to know NRC better? Electrohome Limited did . . .

Electrohome Limited was founded in Kitchener, Ontario, 66 years ago. To give some idea of how the firm has grown, the annual payroll in 1907 was 468 dollars compared with over 23 million dollars today. From a modest beginning, assembling imported parts to make Canada's first hornless phonographs, Electrohome has developed into a company which designs, engineers and manufactures a host of products: radios, television sets, hi-fi's, phonographs, electric fans, heaters, air-conditioners, custom designed sub-fractional horsepower motors for automobiles, home and industry. The firm now has a staff of 3,500 and Electrohome engineers design 95 per cent of the company's products. Sales in 1972 totalled over 88 million dollars.

Electrohome also has a healthy interest in a chemical pro-

Viewing reverse osmosis equipment developed by Electrohome Limited for commercial demonstration are left to right: R. Webb, Project Development Coordinator at Electrohome; Dr. I.E. Puddington, Director, Division of Chemistry, NRC; J.A. Pollock, President of Electrohome; Dr. S. Sourirajan, Division of Chemistry, NRC; Dr. G.H. Dhawan, formerly an NRC Industrial Postdoctorate Fellow and now Project Scientist in the reverse osmosis group at Electrohome; W.S. Peterson, Head, Chemical Engineering Section, Division of Chemistry, NRC; and R.F. Wilson, New Product Research Specialist at Electrohome.

De gauche à droite: M. R. Webb, coordonnateur du développement des projets chez Électrohome; le Dr I.E. Puddington, directeur de la Division de chimie du CNRC; M. J.A. Pollock, président d'Électrohome; le Dr S. Sourirajan, de la Division de chimie du CNRC; le Dr G.H. Dhawan, anciennement boursier postdoctorat du CNRC et maintenant ingénieur des projets du groupe d'osmose inverse chez Électrohome; M. W.S. Peterson, chef de la section de génie chimique de la Division de chimie du CNRC et M. R.F. Wilson, spécialiste de la recherche de nouveaux produits chez Électrohome, examinent l'équipement d'osmose inverse mise au point par la compagnie Électrohome Limited.

Le CNRC épaula-t-il l'industrie?

Voir l'osmose inverse chez Électrohome

Qu'est-ce que le Conseil national de recherches du Canada fait pour l'industrie canadienne? Qu'est-ce qu'il peut faire pour votre compagnie? Peut-il vous aider à vous lancer dans un nouveau domaine? Avec quels fonds? Avec quelle aide technique?

Est-il intéressant de mieux connaître le CNRC? Oui, et c'est ce que la compagnie Électrohome Ltd a découvert.

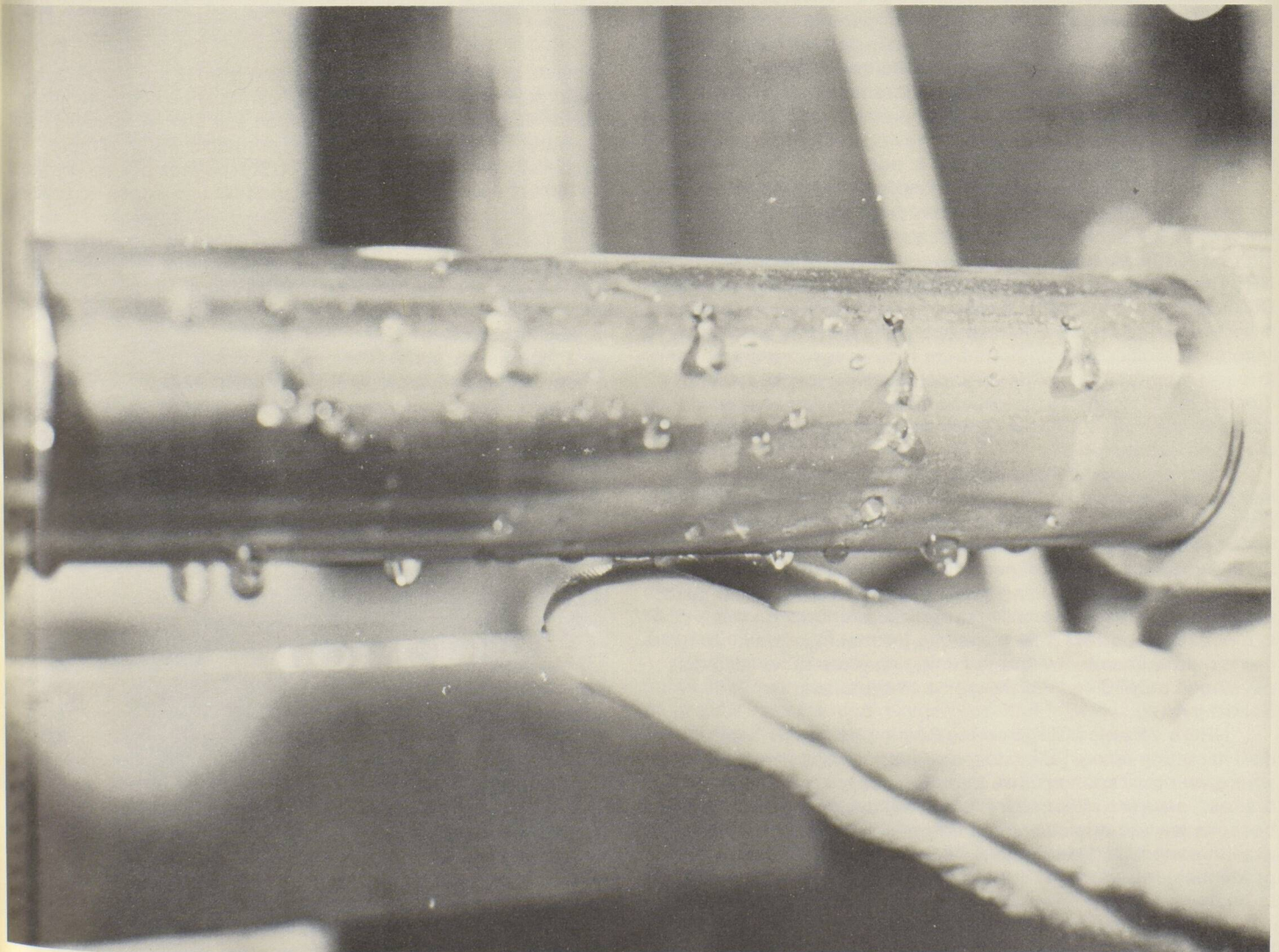
Cette compagnie a été fondée à Kitchener, dans l'Ontario, il y a 66 ans. Pour se faire une idée de son développement, il suffit de savoir que les salaires payés s'élevaient à 468 dollars en 1907 et à 23 millions de dollars aujourd'hui. Au début, il ne s'agissait que d'assembler des composantes importées pour fabriquer, au Canada, les premiers phonographes sans pavillon; par la suite, Électrohome est devenu une compagnie, ayant ses propres bureaux d'études et ses ingénieurs, et fabriquant de nombreux produits comme des postes de radio et de télévision, des équipements à haute fidélité, des ventilateurs électriques, des moteurs électriques de très faible puissance adaptés aux conditions de service à bord des automobiles ou satisfaisant des besoins domestiques et industriels, des

radiateurs, des climatiseurs et des meubles. L'effectif de cette compagnie est de 3 500 personnes. Les ingénieurs d'Électrohome étudient 95% des produits fabriqués par cette compagnie. En 1972, les ventes se sont élevées à 88 millions de dollars.

La compagnie Électrohome s'intéresse beaucoup à un processus chimique connu sous le nom d'osmose inverse, ou encore, d'ultrafiltration. On n'en attendait pas grand chose quand, soudainement, ce processus s'est révélé intéressant. Déjà on s'en est servi pour dessaler l'eau de mer et pour rendre potable les eaux saumâtres et même les eaux des égouts; on peut donc dire que ce processus n'a pas été encore exploité à fond. En principe, l'osmose inverse peut servir à récupérer

Close-up of pure water permeate coming through the cellulose acetate membrane supported in a stainless steel tubular testing cell.

Vue rapprochée d'une cellule en acier inoxydable contenant la membrane tubulaire en acétate de cellulose à travers laquelle l'eau pure apparaît sous forme de gouttelettes.



cess known as reverse osmosis. This process is a "sleeper". Reverse osmosis already has been used to take the dissolved salt out of sea-water and to make brackish and even sewage water drinkable, yet so far it has realized only a small fraction of its potential. In principle, reverse osmosis can be used to separate any substance in liquid or gaseous solution. In other words, dissolved particles, too small to see, can be separated leaving the solvent in an almost pure state, pure enough to drink in the case of sea-water.

"It was NRC who helped us realize the potential of reverse osmosis through Canadian Patents and Development Limited," says Ronald Webb, Program Development Coordinator of the reverse osmosis project at Electrohome.

The prime objective of Canadian Patents and Development Limited (CPDL), a wholly-owned subsidiary of NRC, is to make licensable products of publicly-financed research or development more available to the public, through industry.

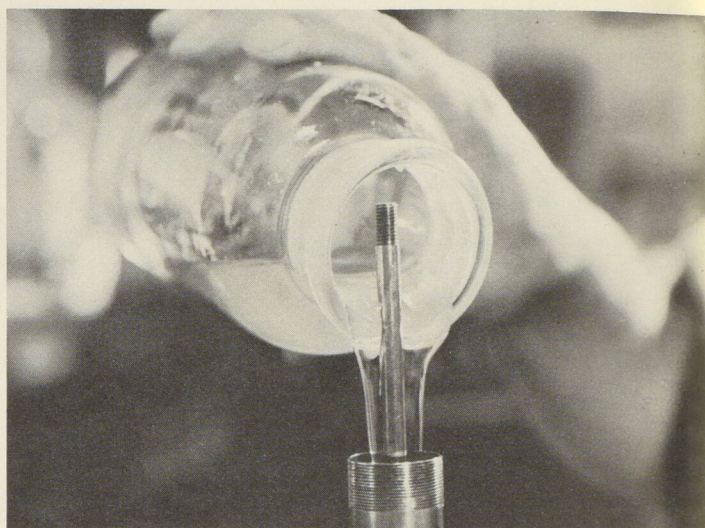
"CPDL exhibits its wares in trade shows and the reverse osmosis display at one of these shows caught our eye," explains Mr. Webb. "We previously had considered this process, but the CPDL display brought home to us the tremendous advances in membrane technology on which reverse osmosis is based and showed us the potential for putting it on an economic footing. We already were interested in reverse osmosis for many reasons, one being its use in desalting water for our humidifiers and in cleaning industrial waste water. Reverse osmosis was one of the few methods capable of separating dissolved solids without having to change the original form of the material."

Although CPDL assists in patenting and licensing inventions for practically all federal government departments in Canada, the products and techniques which attracted Electrohome's interest at the reverse osmosis display were to the credit of NRC researchers in the Chemical Engineering Section of NRC's Division of Chemistry. The Section, headed by W.S. Peterson, is investigating the physical chemistry of separations involving reverse osmosis, porous membrane technology, transport through membranes and specific separation processes of industrial interest. The latter include waste recovery, water pollution control, salt water conversion and the concentration of industrial solutions.

A very thin, porous membrane of cellulose acetate is the key to these and many other experiments in reverse osmosis. Called the Loeb-Sourirajan type, this membrane was originally developed 14 years ago from the pioneering work of Dr. Srinivasa Sourirajan in collaboration with Dr. Sidney Loeb. Dr. Sourirajan is a chemical engineer in charge of reverse osmosis at NRC and an internationally recognized authority on this subject. An important new technique for making ("casting") these membranes in the form of long seamless tubes also was developed at NRC by W.L. Thayer, L. Pageau and Dr. Sourirajan.

"NRC's Chemical Engineering Section helped us a great deal in setting up our laboratory and getting us to the point where we could cast our own Loeb-Sourirajan type membranes," says Mr. Webb. "This was very important for us because we had originally counted on a supply of commercially-available membranes. The supplier discontinued membrane production and, in the aftermath, we realized that we needed to be masters of our own destiny."

The reverse osmosis process depends on these and other thin membranes. In principle, a separation by reverse osmosis



Filling of film casting unit with cellulose acetate solution.

Remplissage d'une unité de moulage en film par une solution d'acétate de cellulose.

consists in allowing a solution to flow across the membrane under pressure. The pure solvent can thus be separated from the mixed solution. With this method salt can be removed from seawater to produce nearly pure, drinkable water at room temperature using a pressure of 1,500 pounds per square inch. No heat is required and the final product undergoes no change of phase in this separation process.

Reverse osmosis works because, on the one hand, the chemical nature of the membrane is such that it repels the unwanted dissolved particles or attracts the desired substance, and on the other, its physical nature permits the desired fluid to flow through it.

Electrohome's aim is to produce and utilize these membranes and the reverse osmosis process to solve industrial problems. Supports for the membranes are being developed and modules, as well as operational units, control devices and protective devices are being designed by Electrohome engineers. But Mr. Webb stresses that it is a long way from the membrane to a saleable product.

One of the pollution problems already tackled by Electrohome involved the high BOD of waste solutions in the food industries. BOD stands for "biochemical oxygen demand" and is a measure of the oxygen needed to oxidize biochemically polluting organic material once it is dumped into a body of water. The more oxygen is used for this task, the less it becomes available for fish and other aquatic life. Waste solutions with high BOD must be treated to bring the counts within acceptable limits.

Instead of attempting to duplicate actual conditions in the laboratory (an impossible task in view of the rapid chemical changes), Electrohome engineers worked on an actual BOD problem in an industrial plant. They installed a reverse osmosis development unit and after three months of testing, found that the reverse osmosis system succeeded in cleaning up test effluent from the food plant and the waste collected could easily be disposed of by burning or disposal on land or even processed to reclaim useful byproducts. After reverse osmosis treatment of the waste solution the water was well below

toute substance liquide ou gazeuse en solution. En d'autres mots, les particules dissoutes, trop petites pour être vues à l'oeil nu, peuvent être retirées du solvant qui devient presque pur ce qui, dans le cas de l'eau de mer, donne de l'eau potable.

M. Ronald Webb, coordonnateur du programme de développement de l'osmose inverse chez Électrohome, nous a dit: "C'est le CNRC qui nous a aidé à réaliser le potentiel de l'osmose inverse par l'intermédiaire de la Société canadienne des brevets et d'exploitation limitée (SCBE)".

Le premier objectif de la SCBE est d'accorder des licences concernant des produits issus des recherches et des développements financés par des fonds publics.

M. Webb a ajouté: "La SCBE participe à des expositions et c'est au cours de l'une d'elles que nous avons remarqué ce processus d'osmose inverse. Nous y avons déjà pensé mais c'est la SCBE qui a attiré notre attention sur les progrès considérables accomplis dans la technologie des membranes sur laquelle repose l'osmose inverse; c'est la SCBE qui a bien mis en relief le potentiel réalisable en passant au stade de l'exploitation économique. Nous étions déjà intéressés par ce procédé pour bien des raisons, l'une d'elles étant qu'il pourrait servir à déminéraliser les eaux de nos humidificateurs et à nettoyer les eaux résiduelles industrielles. L'osmose inverse est l'une des quelques méthodes permettant de retirer des solides dissous sans changement de phase".

Quoique la SCBE aide à prendre des brevets et à accorder des licences couvrant les inventions faites pratiquement dans tous les laboratoires fédéraux, les produits et les techniques qui ont intéressé Électrohome lors de cette exposition étaient

mentionnés comme ayant leur origine au CNRC ou, plus exactement, à la section des techniques chimiques de la Division de chimie du CNRC. Cette section est dirigée par M. W.S. Peterson et l'on y étudie la chimie physique des séparations impliquant l'osmose inverse, la technologie des membranes poreuses, les transports à travers les membranes et des processus de séparations spécifiques pour l'industrie. Dans ce dernier domaine, on trouve la récupération des résidus, le contrôle de la pollution des eaux, la conversion de l'eau salée en eau potable et la concentration des solutions industrielles.

La clé du procédé est une membrane très mince et poreuse en acétate de cellulose. Cette membrane, dite du type Loeb-Sourirajan, a été mise au point il y a treize ans en se basant sur les travaux de pionnier du Dr Srinivasa Sourirajan en collaboration avec le Dr Sidney Loeb. Le Dr Sourirajan est un ingénieur chimiste chargé des études de l'osmose inverse, domaine où il est internationalement connu. Une nouvelle technique importante de fabrication de ces membranes sous la forme de longs tubes sans joints a été également mise au point au CNRC par MM. W.L. Thayer et L. Pageau et le Dr Sourirajan.

M. Webb nous a encore dit: "La section des techniques chimiques du CNRC nous a beaucoup aidé à monter notre laboratoire et à fabriquer ces types de membranes. C'est là un point important car nous avions d'abord pensé à nous procurer des membranes du commerce. Mais notre fournisseur n'a plus fabriqué de membranes et nous avons été ainsi amenés à réaliser que nous devrions être les maîtres de notre propre destin".

L'osmose inverse dépend de ces membranes minces et d'autres membranes minces. En principe, le procédé consiste à laisser passer une solution sous pression à travers une membrane. De cette manière le solvant peut être récupéré pur. Grâce à cette méthode utilisant une pression de 1 500 livres par pouce carré, l'eau de mer peut être transformée en eau presque pure et potable à la température ambiante. Il n'est pas nécessaire de chauffer et le produit final ne subit aucun changement de phase au cours de ce processus de séparation.

L'osmose inverse donne de bons résultats parce que la membrane est telle qu'elle repousse les particules dissoutes que l'on veut éliminer et qu'elle attire la substance recherchée et se laisse traverser par elle.

Le but de la compagnie Électrohome est de produire et d'utiliser ces membranes et de les appliquer à l'osmose inverse pour résoudre des problèmes industriels. Les ingénieurs de la compagnie vont mettre au point des supports de ces membranes et étudier des modules et des unités opérationnelles, des dispositifs de contrôle et de protection. Toutefois, M. Webb insiste sur le fait qu'il reste encore beaucoup à faire avant que les membranes se trouvent dans le commerce.

L'un des problèmes de pollution déjà attaqués par Électrohome impliquait la demande en oxygène biochimique, appelé en anglais "biochemical oxygen demand" (BOD), des solutions résiduelles de l'industrie alimentaire. Ce BOD permet de mesurer l'oxygène nécessaire pour oxyder par des moyens biochimiques tous les matériaux de pollution organique une fois qu'ils sont dissous dans l'eau. Plus on se sert d'oxygène pour y parvenir et moins il en reste pour les poissons et les autres formes de vie aquatique. Les solutions résiduelles à fort BOD doivent être traitées pour que ce BOD tombe en-dessous des maximums acceptables.

Au lieu d'essayer de reproduire les conditions dans le laboratoire, ce qui est impossible en raison des variations



Mr. L. Pageau prepares operating system for casting tubular cellulose acetate membranes.

M. L. Pageau prépare l'appareil de moulage des membranes tubulaires en acétate de cellulose.

Dr. S. Sourirajan, Division of Chemistry, pioneer in the field of reverse osmosis, examines the cellulose acetate tubular membrane.

Le Dr S. Sourirajan, pionnier de l'osmose inverse à la Division de chimie, examine une membrane tubulaire en acétate de cellulose.

current pollution levels, so much so in fact that it was potentially reusable. Biological or chemical means of treatment would require large areas, facilities for aeration and much higher costs — and the odor would be difficult to accept.

Aside from the fight against pollution, Electrohome has several other irons in the fire for the reverse osmosis process. Electrohome engineers foresee Loeb-Sourirajan-type membranes for many other applications, such as the separation of gaseous mixtures and the concentration of food and drug products.

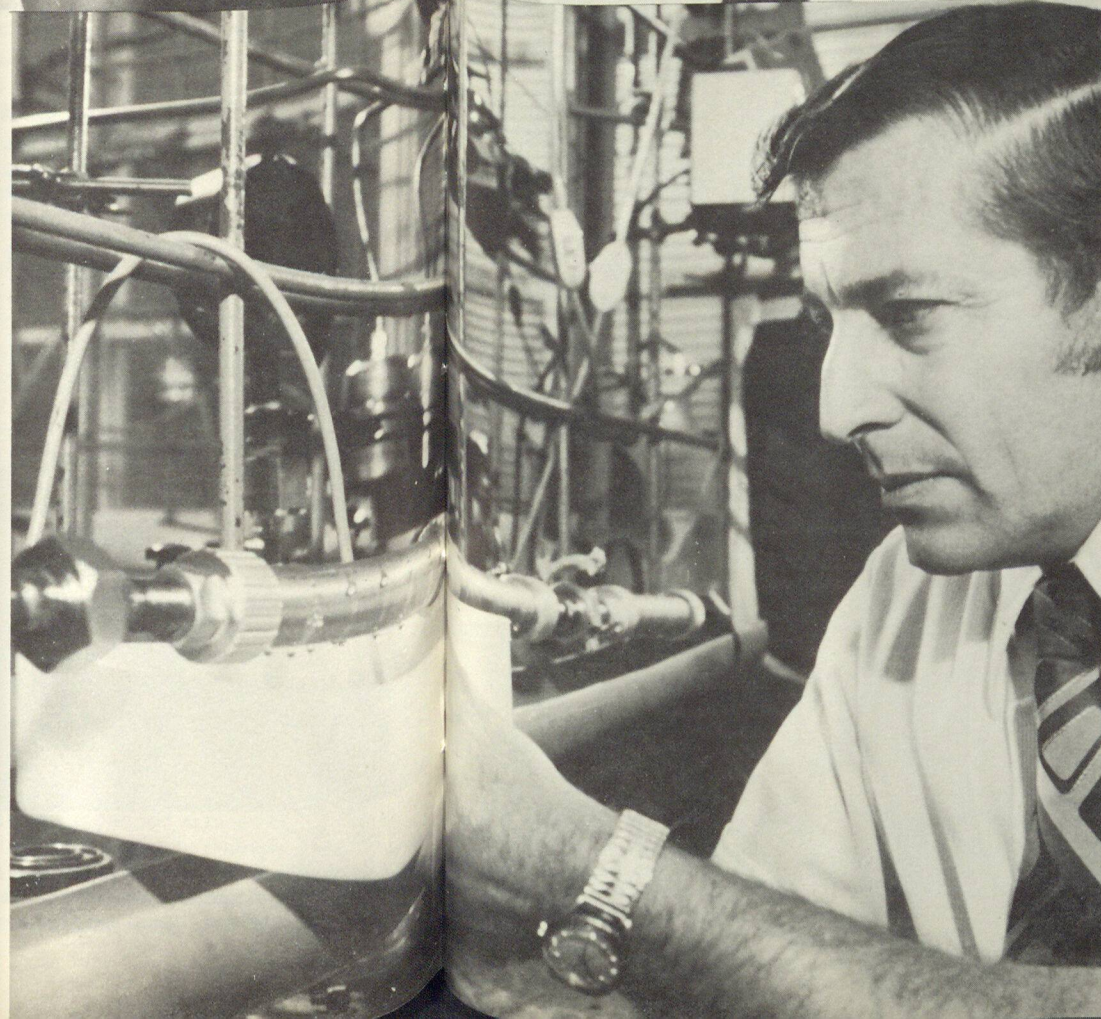
Consumers also can expect to derive benefits from reverse osmosis and ultrafiltration because Electrohome is now working on the production of cleaner and softer water for the householder, using this process. One of the main beneficiaries will be the food industry. NRC already has used Loeb-Sourirajan type membranes to remove water from maple sap in the processing of maple syrup. With this arrangement, heating costs per gallon have been reduced from about 50 cents to five cents. Also at NRC, the membranes have proved successful in concentrating fruit juices. Reverse osmosis could help the dairy industry in cheese-making, and pharmaceuticals which are degraded by high temperatures could be separated or concentrated using this technique.

Electrohome's developments into the reverse osmosis field have received support from NRC's Industrial Research Assistance Program. As many as 280 companies representing all major industries have received support under IRAP since its inception. A total of 560 projects assist Canadian firms to seize new opportunities provided by potential advances in technology to provide careers for Canadian scientists, to increase Canadian production, and to maintain Canada in a foremost position in the world's market. Assistance was also provided under NRC's Industrial Postdoctorate Fellowship Program designed to encourage young Ph.D. scientists or engineers to seek careers in industry by contributing towards their salary as long as they are employed by a company acceptable to NRC. Dr. G.H. Dhawan, now project scientist in the reverse osmosis group at Electrohome, first joined the company as an IPD Fellow in the Fall of 1972, becoming a permanent employee of Electrohome in January, 1973.

"We have certainly been very satisfied with our contacts with NRC," says Mr. Webb. "CPDL, NRC and the IRAP office have been invaluable in helping us make our way in the reverse osmosis field. And as for the NRC team of scientists who helped us, from what we have heard and seen, NRC is second to no one in the world in reverse osmosis research. This has really been an all-Canadian program for an all-Canadian company." □ **Earl Maser**

Mr. Pageau collects permeate during regular testing of one-inch tubular membranes in stainless steel cells.

M. Pageau reçoit dans un bac le fluide qui s'échappe des membranes tubulaires d'un pouce au cours de leurs essais dans des "cellules" en acier inoxydable.



chimiques, la compagnie Électrohome a travaillé sur le problème du BOD en conditions réelles dans une usine. Ses ingénieurs ont installé un groupe expérimental d'osmose inverse; ils viennent de terminer des essais de trois mois qui ont montré que le système d'osmose inverse a permis de nettoyer des effluents de l'usine de produits alimentaires et que les résidus récupérés peuvent être brûlés ou déposés dans des décharges ou même encore être traités pour récupérer des sous-produits utiles. Après ce traitement par osmose inverse, l'eau purifiée était suffisamment pure pour qu'on la considère comme n'étant pas polluée et pour qu'elle puisse même servir de nouveau. La purification par des moyens chimiques ou biologiques exigerait de disposer de grandes surfaces et d'installations d'aération et elle serait beaucoup plus coûteuse; d'autre part, il serait bien difficile d'en accepter les odeurs.

La compagnie Électrohome a l'intention d'utiliser le processus d'osmose inverse en dehors de cette lutte contre la pollution en l'appliquant dans de nombreux domaines comme la récupération des gaz et la concentration des produits alimentaires ou pharmaceutiques.

Chacun de nous peut également s'attendre à en tirer des bénéfices car la compagnie Électrohome étudie actuellement un appareil permettant de "nettoyer" et d'adoucir les eaux de nos maisons. L'un des principaux bénéficiaires sera l'industrie des produits alimentaires. Le CNRC s'est déjà servi des membranes du type Loeb-Sourirajan pour concentrer la sève d'érable et obtenir le sirop. Grâce à ce procédé, le coût du chauffage a été réduit d'environ 50 cents à 5 cents par gallon. Au CNRC également, on s'est servi de ces membranes pour concentrer des jus de fruits. L'osmose inverse pourrait être intéressante dans l'industrie laitière pour faire le fromage et dans l'industrie pharmaceutique on pourrait s'en servir pour séparer et concentrer des produits dont la qualité diminue lorsqu'on les soumet à des températures élevées.

Les travaux de développement sur l'osmose inverse exécutés par Électrohome ont été financés par le Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI) du CNRC. Grâce à PARI, on a pu aider 261 compagnies représentant les industries principales du pays et 530 projets ont été financés. Les subventions PARI sont conçues pour aider les compagnies canadiennes à conquérir des marchés grâce à une technologie de pointe, pour offrir des carrières aux scientifiques canadiens et pour augmenter la production.

La compagnie Électrohome a également bénéficié du programme de bourses de recherche industrielle postdoctorat du CNRC établi pour encourager de jeunes Ph.D., ou des ingénieurs, à faire carrière dans l'industrie en contribuant à les payer tant qu'ils sont au service d'une compagnie acceptée du CNRC. Le Dr G.H. Dhawan a d'abord été boursier au titre de ce programme depuis l'automne de 1972 puis, en janvier 1973, il est devenu ingénieur des projets du groupe d'osmose inverse chez Électrohome.

M. Webb nous a encore dit: "Nous avons été très satisfaits de nos relations avec le CNRC. La SCBE, le CNRC et le bureau des subventions PARI nous ont apporté une aide précieuse pour nous lancer dans ce nouveau domaine de l'osmose inverse. Ce que nous avons vu et entendu au CNRC et la compétence des scientifiques qui nous ont aidés, nous ont amenés à conclure que le CNRC est à la pointe du progrès en ce qui concerne la recherche sur l'osmose inverse. En fait, il s'agit d'un programme entièrement canadien pour une compagnie entièrement canadienne". □

COVER: This vacuum evaporator is used to place a thin film of carbon on a plastic replica of a fracture surface. The replica is used in an electron microscope during the process of fractography, which permits scientists to determine the reasons for mechanical failures. (Story page 4). The electrodes, seen glowing brightly at bottom left of the photograph, bombard the plastic replica of the fracture with carbon particles. Particles of chromium are also heated in the evaporator; this process places the metal on the replica at an angle, thus providing contrast to assist the researcher in recognizing the cause of a fracture. Photograph by Bruce Kane, NRC. Below: failed mild steel hydraulic brake line tubing from a heavy truck (more than twice natural size).

NOTRE COUVERTURE: Cet évaporateur sous vide sert à obtenir un film mince de carbone sur une réplique en plastique d'une surface de rupture. La réplique est utilisée dans un microscope électronique pour déterminer les causes de la rupture. (voir l'article page 5). Les électrodes qui brillent, en bas à gauche, permettent de bombarder la réplique en plastique à l'aide de particules de carbone. Les particules de chrome sont également chauffées dans l'évaporateur; ce processus permet de couvrir la réplique de métal sous un certain angle ce qui permet d'obtenir un contraste aidant le chercheur à déterminer les causes de la rupture. Photographie de Bruce Kane, du CNRC. Ci-dessous: Vue, grossie plus de 2 fois, de la conduite en acier doux d'un circuit de freinage de gros camion après rupture.

