

55
#3
70

SCIENCE DIMENSION

1973/3

TABLE-MAIN



National Research
Council Canada

Conseil national
de recherches Canada

SCIENCE DIMENSION

VOL. 5 No. 3, JUNE 1973.

VOL. 5 N° 3, JUIN 1973

Contents

- 5 High-voltage transmission
11 Colliding molecules
16 No. 1 high-rise threat
22 Gas-lubricated bearings
26 Powder metallurgy research
30 Evaluating driver performance

Sommaire

- Lignes à haute tension 5
Les collisions moléculaires 11
Les grands édifices et la fumée 17
Les roulements à gaz 23
La métallurgie des poudres 27
Notera-t-on les conducteurs? 31

Managing Editor / Directeur
Loris Racine

Editor / Rédacteur en chef
John E. Bird

French Texts / Textes français
Georges Desternes
• Claude Devismes

Graphics-Production / Arts graphiques-Production
Robert Rickerd

Photo Editor / Direction de la photographie
Bruce Kane

Printed by / Imprimé par
Mortimer Ltd. / Mortimer Ltée
Ottawa

Contributions

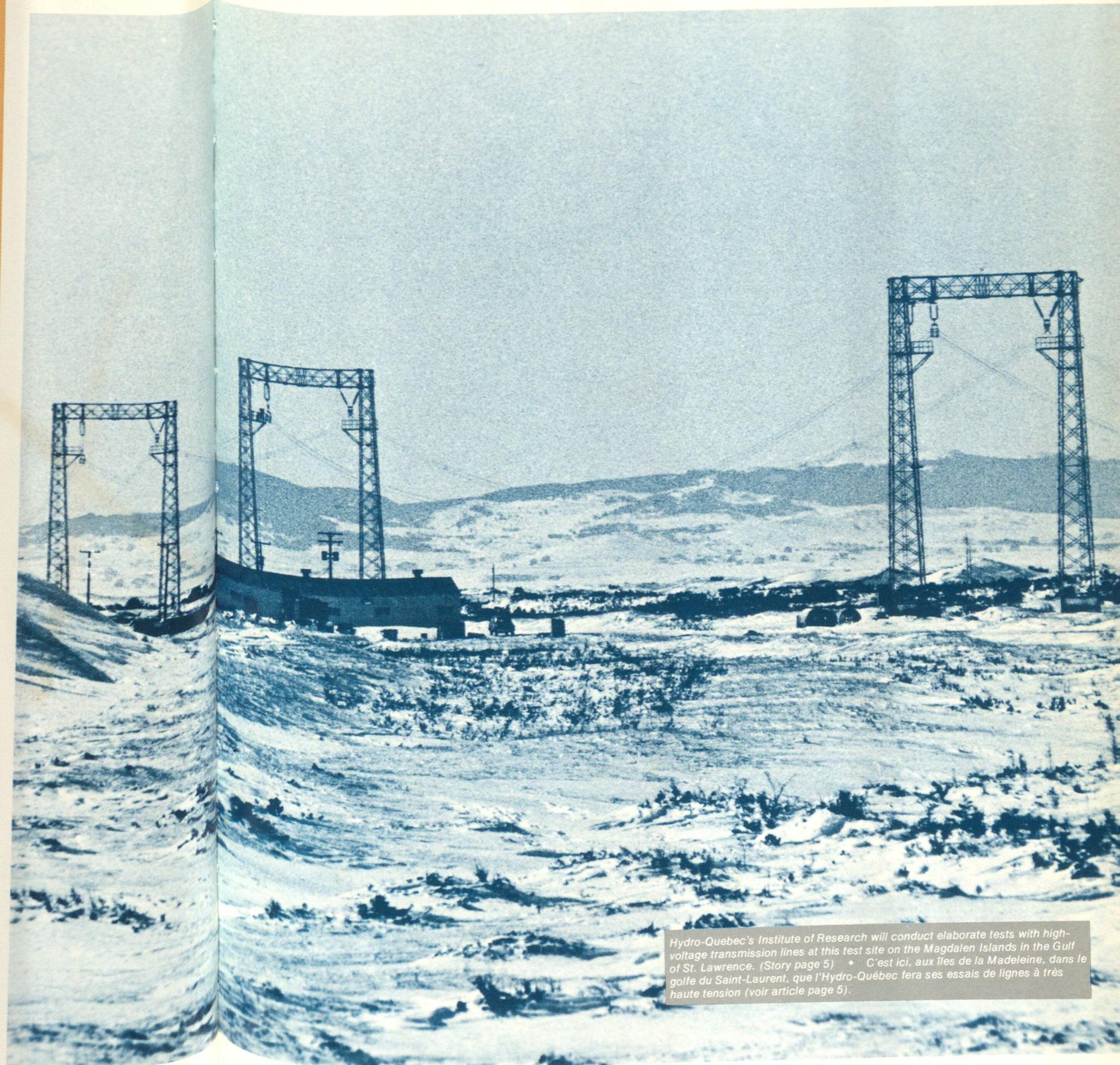
Cover, Hellmut W. Schade; pages 2, 3, 7, I.R.E.Q., Varennes, Que.; page 4, Carol Bridal; page 8, Mike Ryan, NAE; page 10 background photograph, Jacques Labreque; pages 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 30, Bruce Kane, NRC; pages 26, 27, Dr. William Wallace, NAE; pages 22, 28, 29 (top), Via Paeglis; page 29 (bottom), United Aircraft of Canada.

Science Dimension is published six times a year by the Public Information Branch of the National Research Council of Canada. Material may be reproduced with or without credit unless a copyright is indicated. Enquiries should be sent to Science Dimension, NRC, Ottawa K1A 0R6, Canada. Tel. (613) 993-3041.

Contributions

Couverture de Hellmut W. Schade; pages 2, 3, 7, de l'I.R.E.Q.; à Varennes, au Québec; page 4, de Carol Bridal; page 8, de Mike Ryan, de l'EAN; page 10, de Jacques Labreque; pages 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 30, de Bruce Kane, du CNRC; pages 26, 27, du Dr William Wallace, de l'EAN; pages 22, 28, 29 (en haut), de Via Paeglis; page 29 (en bas), de United Aircraft of Canada.

Publiée six fois par an par la Direction de l'information publique du Conseil national de recherches du Canada. La reproduction des textes est autorisée sauf indication contraire. Prière d'adresser toute demande de renseignements à: Science Dimension, CNRC, Ottawa, K1A 0R6, Canada. Tél. (613) 993-3041.



Hydro-Quebec's Institute of Research will conduct elaborate tests with high-voltage transmission lines at this test site on the Magdalen Islands in the Gulf of St. Lawrence. (Story page 5) • C'est ici, aux îles de la Madeleine, dans le golfe du Saint-Laurent, que l'Hydro-Québec fera ses essais de lignes à très haute tension (voir article page 5).



NRC's wind tunnels help solve High-voltage transmission problems

In New York last January two Hydro-Québec engineers were honored by the prestigious Institute of Electrical and Electronics Engineers for their "pioneering and achievements" in the field of long-distance high-voltage power transmission.

Lionel Cahill and Jean-Jacques Archambault were, respectively, Assistant to the Chief Engineer and Assistant Systems Planning Engineer in 1962 when they recommended reviewing the possibility of transmitting power from Québec's Manicouagan-Outardes hydro-electric complex at the 735,000 voltage level.

At that time 315,000-volt transmission systems were in use and in Russia a 525,000-volt system had been developed. Hydro-Québec gambled they could push high voltage technology to the higher level and saw their efforts crowned with success in 1965 when the first line in the \$325,000,000 system was energized.

The presentation of the William M. Habirshaw award — a bronze medal, a certificate and \$1,000 — was made to the two Hydro-Québec engineers at the annual meeting of the IEEE Power Engineering Society. The award is dedicated to a chemist who pioneered in the use of alternating current high-voltage underground cables and is given annually for meritorious achievement in the field of electrical transmission and distribution.

The award was particularly timely, coming as it did when the Manicouagan project was just completed and Hydro-Québec, through the Quebec government's James Bay Energy Corporation, was preparing to break further new ground in high-voltage transmission with the James Bay project — destined to become the world's largest hydro-electric complex. The James Bay project envisions a power transmission system operating with voltage probably as high as 1,200,000 volts. A staggering array of technical problems await solution before this large block of power can be transmitted at these voltages over a distance of more than 600 miles to Québec's main load centers.

Most of the research will be carried out at the three-year-old Hydro-Québec Institute of Research (IREQ) at Varennes, Québec. IREQ employs some 219 scientists, technicians and administrative staff to carry out a broad range of research programs in eight scientific laboratories. In 1971 the investment in IREQ was \$36,700,000. This includes a High-Voltage Laboratory which was opened in 1971, and a High Power Laboratory just beginning operation.

One of the main problems in the mechanical design of extra high-voltage transmission lines is the dynamic behavior of bundled conductors. Because of the complexities of this problem, and before IREQ can come to any final decision, research will first have to be carried out with full and reduced scale models in five of the National Research Council of Canada's wind and water tunnels in Ottawa. Results of these tests will then have to be evaluated by comparison with full-scale tests at a one-mile-long experimental test line being built on the Magdalen Islands in the Gulf of St. Lawrence.

The aerodynamic problems with bundled conductors arise when an attempt is made to minimize a phenomenon known as corona discharge. The latter is a discharge of electrical energy

Les souffleries du CNRC et les lignes de 1 200 000 volts

En janvier, à New-York, l'Institut américain des Ingénieurs électriciens et électroniciens (IEEE), société professionnelle de grand prestige dans le monde entier, a accordé la "William M. Harbishaw award" à deux ingénieurs de l'Hydro-Québec pour "leurs travaux de pionnier et leurs réalisations" dans le domaine du transport de l'énergie électrique à très haute tension sur de longues distances. Cette distinction consiste en une médaille de bronze, un certificat et mille dollars. Elle a été créée en mémoire d'un chimiste qui a fait oeuvre de pionnier dans le domaine des lignes souterraines de courant alternatif à haute tension et elle est attribuée annuellement pour des travaux méritoires touchant la transmission et la distribution de l'énergie électrique.

Ces deux ingénieurs sont M. Lionel Cahill et M. Jean-Jacques Archambault qui étaient respectivement adjoint de l'ingénieur-en-chef et adjoint de l'ingénieur de planification des systèmes de l'Hydro-Québec, en 1962, lorsqu'ils ont recommandé que l'on utilise des lignes à 735 000 volts pour transporter l'énergie électrique donnée par les centrales exploitant les barrages de la Manicouagan et de la rivière des Outardes, dans le Québec.

A cette époque, on transportait déjà l'électricité sous 315 000 volts et les Russes avaient mis au point des lignes de 525 000 volts. A l'Hydro-Québec, on a pensé mieux faire et les ingénieurs y ont réussi en 1965 lorsqu'une première ligne a été construite au coût de 325 millions de dollars.

Cette récompense a été accordée à un moment particulièrement bien choisi puisque les travaux de Manicouagan étant pratiquement terminés, l'Hydro-Québec, par l'intermédiaire de la Société d'énergie de la Baie James, du Gouvernement du Québec, commençait à se préparer pour battre de nouveaux records en matière de hautes tensions dans le cadre du projet de l'aménagement de la Baie James qui doit devenir le plus grand complexe hydro-électrique du monde. En effet, on envisage de transporter l'électricité sous une tension pouvant atteindre 1 200 000 volts. Toutefois, de très nombreux problèmes techniques doivent être résolus avant que cette très haute tension soit atteinte sur les lignes de transport jusqu'aux centres de distribution de la province de Québec à 600 miles de là.

La plupart des recherches seront faites à l'Institut des recherches de l'Hydro-Québec (IREQ), à Varennes, au Québec. Cet institut, qui n'a que 6 ans, comporte 219 scientifiques, techniciens et personnels administratifs pour faire des recherches très étendues dans huit laboratoires scientifiques. En 1971, les investissements s'élevaient à \$36 700 000 et comprenaient le laboratoire des hautes tensions ouvert en 1971 et celui des hautes puissances récemment mis en service.

L'un des principaux problèmes des lignes de transport à tensions extrêmement élevées est de nature mécanique et se rapporte au comportement dynamique des fils groupés en faisceaux. En raison de sa complexité, il faut faire des essais à l'échelle grandeur sur le terrain et aussi et à l'aide de modèles réduits dans quatre souffleries et au tunnel hydrodynamique du Conseil national de recherches, à Ottawa.

from the high voltage conductors to the ground, resulting in a loss of power and the generation of troublesome audible noise and radio interference.

Corona discharge increases with voltage. In an effort to minimize the discharge it is customary to replace one conductor with arrays of two or more cables that are separated in a fixed geometric pattern by spacers located at intervals along the length of each span. A four-cable array would be called a four-conductor bundle and, as engineers raise the transmission system voltage, the number of conductors in the bundle must also increase. Currently four, six and eight conductor bundles are under active consideration by Hydro-Québec.

For the voltage levels envisioned for the James Bay project it becomes vital that the problems in dynamic behavior of such large bundles be solved before actual construction of the hydro-electric complex begins. In particular the oscillation of sub-spans must be examined.

Hydro-Québec will be constructing towers 1,600 feet apart. The bundled conductors hang between the towers, their geometrical array fixed by spacers about 200 feet apart over the 1,600-foot span. The wind blowing over the conductors causes them to oscillate between spacers. This wind-induced vibration is called subspan galloping since the motion is confined between spacers and does not involve the whole span moving in unison.

The cause is considered to be an aerodynamic effect created by one conductor being in the wake of another. It has been shown that, in an array, there are certain positions in the wake of a conductor where its downstream mate will become unstable and the amplitudes may build up to a point where the two conductors will clash. The result can be very serious since motion can damage the conductors at the clamps on the spacers causing the outer strands to fail. In some cases the spacers themselves will be destroyed by the violent motion. At worst, the lines can shake themselves right off the tower and fall to the ground causing power blackouts.

Since construction on the James Bay project is scheduled to commence this summer, Hydro Québec undertook a three-pronged assault on these particular problems.

Approximately one year ago Hydro-Québec and the National Research Council of Canada embarked on a co-operative program of wind tunnel tests on conductor models.

The aerodynamic study underway at NRC is being done by the staff of the Low Speed Aerodynamics Section of NRC's National Aeronautical Establishment. Under a cooperative arrangement with Hydro-Québec, NRC, which maintains a wind tunnel complex for industrial use in Canada, is providing overhead costs, some staff, and wind tunnel time. Hydro-Québec, in order to meet its critical timetable, is funding two additional staff members, computer time, special equipment and, in addition, has posted one of its engineers, Albert Watts, to Ottawa for a two-year stint with NRC.

Tests have been completed for conductors with a diameter of 1.4 inches. In the 30-foot wind tunnel small-scale models with a one-quarter inch diameter have been used to represent up to four subspans.

R. L. Wardlaw, of the Low Speed Aerodynamics Section, feels that theoretical work and dynamic model tests to date have yielded highly satisfactory results.

"We now can say that we understand the mechanics of the problem and know what causes the motion," he says. "We also have developed theoretical prediction methods which are confirmed by the simulation in our tunnels.

"From an aerodynamic point of view some ideas we have tested out certainly look promising as solutions. One in

Les résultats de ces essais au CNRC devront être comparés à ceux qui auront été données par les essais à l'échelle grandeur sur une ligne expérimentale d'un mile de long que l'on construit aux îles de la Madeleine dans le golfe du St-Laurent.

Les problèmes aérodynamiques, si l'on utilise des fils en faisceaux, apparaissent lorsque l'on essaye de réduire au minimum les conséquences d'un phénomène connu sur le nom de décharge par effet couronne. Il s'agit de pertes par effluves qui se produisent entre la ligne et le sol avec interférences radio et bruits audibles.

Comme ces pertes augmentent avec la tension, on les réduit au minimum en remplaçant les conducteurs de grand diamètre par des groupes de conducteurs de plus petit diamètre, chacun d'eux étant séparé des autres par des entretoises placées à intervalles réguliers entre les pylônes. Plus la tension est élevée, plus il faut de conducteurs par faisceau. Actuellement, on envisage de se servir de 4, de 6 ou de 8 conducteurs par faisceau.

En raison des très hautes tensions considérées pour la Baie James, il est vital d'étudier le comportement dynamique de si grands faisceaux avant de se lancer dans la construction et surtout leurs oscillations entre les pylônes sous l'action des vents.

L'Hydro-Québec va construire des pylônes espacés de 1 600 pieds pour ces conducteurs en faisceaux et les entretoises seront placées tous les deux cents pieds. Entre ces entretoises, les fils pourront osciller sous l'action du vent.

On pense que la force qui amorce et entretient ces oscillations est d'origine aérodynamique car on a montré que le conducteur placé dans le sillage d'un autre est en équilibre instable ce qui déclenche des oscillations dont les amplitudes peuvent être suffisantes pour que les deux conducteurs se touchent. Dans ce cas, les fils peuvent être endommagés à leurs points d'attache sur les entretoises ce qui peut causer des ruptures. Il est même possible que les entretoises soient détruites sous le choc et que la ligne se décroche des pylônes, tombe sur le sol, se casse et, ainsi, cause une panne privant d'électricité tout un secteur.

Puisque la construction doit commencer à la Baie James cet été, l'Hydro-Québec a attaqué ces problèmes particuliers de trois manières.

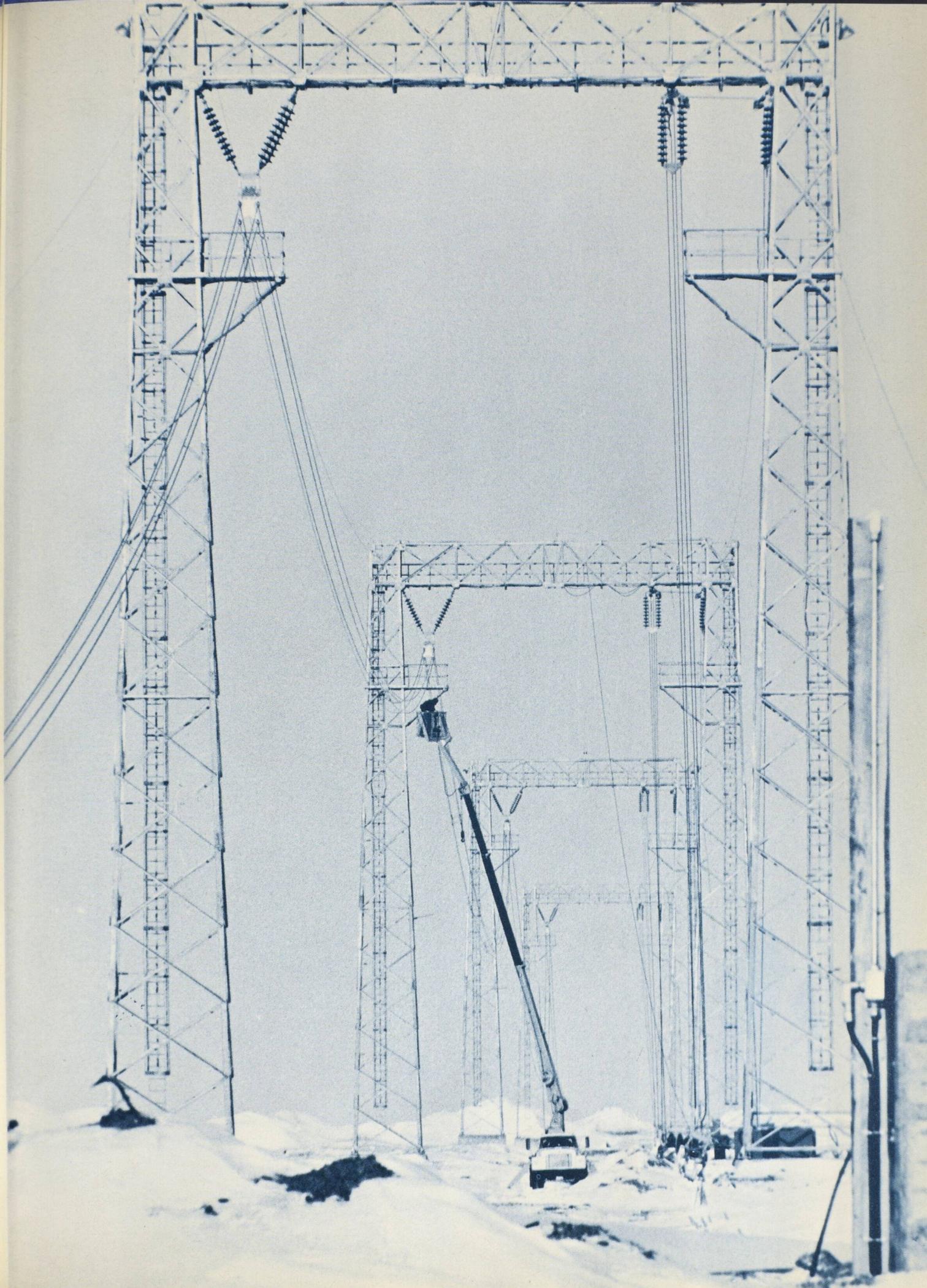
Il y a environ un an, l'Hydro-Québec et le Conseil national de recherches du Canada ont commencé à faire des essais en souffleries sur des maquettes.

Ces essais se font à la section de l'aérodynamique des faibles vitesses de l'Établissement aéronautique national où l'on dispose de souffleries pouvant être utilisées par les industriels canadiens et d'un personnel spécialisé en même temps que de certains crédits couvrant les frais généraux. Pour accélérer les travaux, l'Hydro-Québec paie les salaires de deux personnes supplémentaires pour l'équipe d'essais, les frais de calcul par ordinateurs et des équipements spéciaux; en outre M. Albert Watts, ingénieur, a été affecté à Ottawa pour deux ans.

On a terminé les essais avec des conducteurs de 1.4 pouce de diamètre. Dans la soufflerie de trente pieds, des maquettes à petite échelle utilisant des conducteurs de ¼ de pouce de diamètre ont été utilisées pour simuler jusqu'à quatre intervalles consécutifs entre les pylônes.

M. R.L. Wardlaw, de la Section de l'aérodynamique des faibles vitesses, a exprimé l'opinion que, jusqu'à ce jour, les travaux théoriques et les essais de maquettes dynamiques ont donné des résultats très satisfaisants.

"Nous pouvons dire maintenant que nous comprenons les





particular involves 'twisting' a bundle. If a whole bundle is twisted in a spiral from tower to tower, it will not vibrate.

"The reason for this is not too difficult to comprehend. With wind blowing across a cable, a broad wake is produced and if the downstream cable is in certain positions in the wake it will oscillate and the motions can become large.

"We know that if the cable is in other positions it won't vibrate and furthermore, it is highly damped aerodynamically. So, by twisting the bundle, some of the conductor will be in the unstable region but the rest will be in an area with high damping. The net effect eliminates all motion," Mr. Wardlaw says.

Mr. Wardlaw notes that this particular idea is not one for which he and his colleagues can claim originality but feels that his group has followed it up in more detail than elsewhere and has developed a rationale for using it. This approach also raises other mechanical difficulties for the transmission line engineer which will have to be examined.

Another solution involves the arrangement of the spacers. Instead of connecting all members in a four-conductor bundle at the same point on the line they could be connected in pairs at staggered intervals.

Proposed solutions will be examined in full-scale tests at the mile-long experimental line constructed at Havre-aux Maisons on the Magdalen Islands in the Gulf of St. Lawrence. This site was chosen because it meets the requirement of strong, persistent winds undisturbed by rough terrain. There are frequent periods where the wind blows at 20 to 50 miles per hour. The line contains three suspension spans with lengths of 1,500, 1,200 and 900 feet and two, 800 foot deadend spans. Portal structures 100 feet high and 50 feet wide, are capable of carrying two bundles of eight 1.4-inch diameter conductors or even one bundle of ten conductors. The configuration of the bundles will be changed rapidly by means of a bridge, designed for raising and lowering the conductors.

Mechanical tension on the conductor bundles is applied and controlled at the anchor point by a system that minimizes variations caused mainly by temperature changes. This will facilitate the comparison of results obtained at different times of the year. Suspension fittings on pulleys will enable conductors to move freely when ice, wind or temperature changes cause the conductors to lengthen or shorten.

Some instruments will record wind velocity and direction at three points on the line, while others measure the tension in the conductor bundle, and the horizontal and vertical motion of the span. A forty-eight channel data acquisition system has been designed for the transmission of readings.

The number of measurement points will be enough to provide descriptions of the vibration modes of the bundles under study, and to permit an eventual correlation with the motion predicted by mathematical analysis for particular wind conditions. The results of the research program will lead to a practical assessment of the effectiveness of proposed solutions to the problem of subspans oscillation and of the performance of line hardware under operation. □ Arthur Mantell

aspects mécaniques du problème et que nous connaissons la cause du mouvement, nous a-t-il dit; nous avons mis au point des méthodes de prévision théorique qui sont confirmées par la simulation en soufflerie".

"Du point de vue aérodynamique, certaines idées que nous avons essayé de vérifier semblent intéressantes et conduire aux solutions. En particulier, on a pensé à donner une certaine torsion au faisceau lors de son montage entre les pylônes. Ainsi, ces conducteurs en spirale ne pourraient plus osciller ce qui n'est pas difficile à comprendre si l'on se représente un conducteur dans le sillage d'un autre; le sillage est important et si le câble dans le sillage se trouve à osciller, son mouvement s'amplifiera".

"Nous savons que si le câble se trouve hors du sillage, il n'oscillera pas en raison de l'amortissement aérodynamique. D'où l'idée de donner une certaine torsion au faisceau de façon qu'une faible longueur des conducteurs soit la seule à se trouver dans un sillage".

M. Wardlaw a fait remarquer que l'idée n'est pas nouvelle mais que son équipe s'est livrée à des études plus détaillées qu'ailleurs. Il faut noter toutefois que cette torsion fait naître des difficultés d'ordre mécanique que l'ingénieur spécialisé dans la construction des lignes devra résoudre.

Il est également possible de modifier le montage des entretoises en ne reliant les conducteurs que par paires et en utilisant des intervalles décalés.

Les différentes solutions proposées seront examinées aussi à l'échelle grandeur au cours des essais qui auront lieu sur une ligne expérimentale de 1 mile de long qui sera bientôt terminée à Havre-aux-Maisons dans les îles de la Madeleine du golfe du St-Laurent. Ce site a été choisi du fait que cette région est soumise à de forts vents non perturbés par le terrain. Très souvent, le vent y souffle à des vitesses allant de 20 à 50 miles à l'heure. La ligne expérimentale doit être terminée cet été. Elle comprendra quatre pylônes et, de ce fait, 3 intervalles de 1 500, 1 200 et 900 pieds de longueur chacun; les conducteurs seront ancrés aux deux bouts en constituant deux intervalles de 800 pieds chacun. Les pylônes auront 100 pieds de hauteur et 50 pieds de largeur de façon à pouvoir porter deux faisceaux de chacun huit conducteurs de 1.4 pouce de diamètre ou même un faisceau de 10 conducteurs. La configuration des faisceaux pourra être changée rapidement grâce à un pont conçu pour monter et descendre les conducteurs.

La tension des câbles sera donnée et contrôlée aux points d'ancrage à l'aide d'un système réduisant au minimum les variations dues aux changements de température. Ainsi, il sera plus facile de comparer les résultats obtenus à différents moments de l'année. Grâce à un montage sur poulies, les conducteurs pourront avoir une certaine latitude de mouvement lorsque la glace, les vents ou les changements de température les feront se dilater ou se contracter.

Certains instruments enregistreront la vitesse du vent et sa direction à trois points de la ligne tandis que d'autres mesureront la tension dans le faisceau et les charges horizontales et verticales entre deux pylônes. On disposera d'une télémessure à 48 voies pour se procurer les valeurs chiffrées.

Le nombre de points de mesure sera suffisamment élevé pour que l'on puisse définir les charges causant les oscillations du faisceau et pour permettre une corrélation entre le mouvement observé et celui qui a été prévu par la théorie. Ces recherches conduiront à une évaluation de l'efficacité des solutions proposées pour réduire ou supprimer les oscillations et aussi à une évaluation des lignes dans les conditions d'une utilisation normale. □

T.R. Brown examines high tension wires being tested for Hydro-Québec in an NRC wind tunnel. • M. T.R. Brown examine des câbles à haute tension, de l'Hydro-Québec, aux essais dans une soufflerie du CNRC.

Colliding molecules tell about

Collisions moléculaires

the space between the stars

et espace interstellaire



The sun is one of some one hundred billion stars in the Milky Way. In turn the Milky Way is one of about three thousand million similar galaxies in the Universe. Compared with the distance across the Milky Way — about 100,000 light years — (one light year equals almost six million million miles), the distance between the sun and its nearest neighboring star, Proxima Centauri, is just 4.3 light years. But this distance is about 8,000 times the diameter of the solar system.

These figures show that stars are separated by enormous distances, far surpassing man's comprehension.

The regions between the stars are very largely empty. But not completely. And from the relatively "few" bits of matter between the stars new stars are formed.

What elements and compounds are present in the vast spaces between stars? Do they exist as typical atoms and molecules? How are they formed and how are they distributed over various energy levels?

Recently Dr. Takeshi Oka, a physicist at the National Research Council of Canada, made a significant advance in filling some of the gaps of man's still rudimentary knowledge of the behavior of molecules in interstellar space. He has linked this study with a relatively neglected domain in the study of molecules — the effect of collisions of molecules on their rotations.

Dr. Oka, a member of the Spectroscopy Section of NRC's Division of Physics, has already shown that both fields, one germane to the study of the universe, the other to the behavior of the too small-to-see particles making up matter, have much to offer each other.

All rotational changes, whether in the laboratory or in outer space, are caused by two elementary molecular processes — by collisions or by processes involving the absorption or emission of electromagnetic energy. The effects of the latter processes have been investigated for many years and form the foundation of molecular spectroscopy.

Why is so little known about the effect of molecular collisions? Experimentalists blame the theoreticians for not developing the collision theory so that they could use it to determine molecular quantities accurately from experiments. On the other hand theoreticians were understandably disappointed in the lack of experimental studies into this realm — molecules collide so frequently in the laboratory that not only are measurements difficult but just the broad and relatively simple statistical picture has proven sufficient for almost all physicists and chemists. Both groups conceded that a detailed understanding of the elementary collision process was seldom needed for explaining the results of normal laboratory experiments.

But the "interstellar laboratory" is far from normal. Instead of the more than a million million molecules found in each cubic centimetre of space in the laboratory, the average density in interstellar space is one hydrogen atom per cubic centimetre — and all the other molecules present are scarce compared with hydrogen. Even in interstellar clouds, where the density can be much higher, it is rarely more than the equivalent of a thousand hydrogen molecules per cubic centimetre.

No terrestrial laboratory can be made to resemble interstellar space. Whereas molecules collide in the laboratory typically at the rate of a thousand million times per second, they do so in interstellar clouds just once per year. This introduces a whole new time scale where 100 years is a short interval and where the effect of collisions of molecules on their rotational energies are "frozen" for long periods in the slowly-unfolding process in interstellar space. And finding out about these changes becomes a very meaningful problem, one which holds the key to learning the condition of the interstellar medium.

From both experimental and theoretical points of view, Dr. Oka has given new impetus to the study of what he calls "collision-induced transitions between rotational levels of molecules". For this research he was awarded the Steacie Prize which consists of a cash award from income of the

Le Soleil n'est qu'une des cent milliards d'étoiles de la Voie lactée qui n'est elle-même que l'une des quelque trois milliards de galaxies de l'Univers. Le diamètre de la Voie lactée est d'environ cent mille années de lumière et la distance séparant le Soleil de l'étoile la plus proche dans cette galaxie, Proxima du Centaure, est de 4.3 années de lumière. Cette distance représente elle-même environ 8 000 fois le diamètre de notre système solaire. Ces énormes distances échappent à l'entendement humain.

Les espaces interstellaires sont quasiment vides mais c'est toutefois en partant de la matière qui s'y trouve et qui est extrêmement ténue que de nouvelles étoiles se forment.

Que contient l'espace interstellaire? Quels sont les éléments et les composés qui le constituent? Sous quelles formes? Existents-ils sous la forme d'atomes et de molécules comme nous les connaissons? Comment se forment-ils et quelle est leur répartition énergétique?

Tout récemment, le Dr Takeshi Oka, physicien à la Section de spectroscopie de la Division de physique du Conseil national de recherches du Canada, a beaucoup fait progresser nos connaissances encore rudimentaires sur le comportement des molécules dans l'espace interstellaire. Il a étudié un domaine relativement négligé, celui de l'influence des collisions moléculaires sur la rotation des molécules.

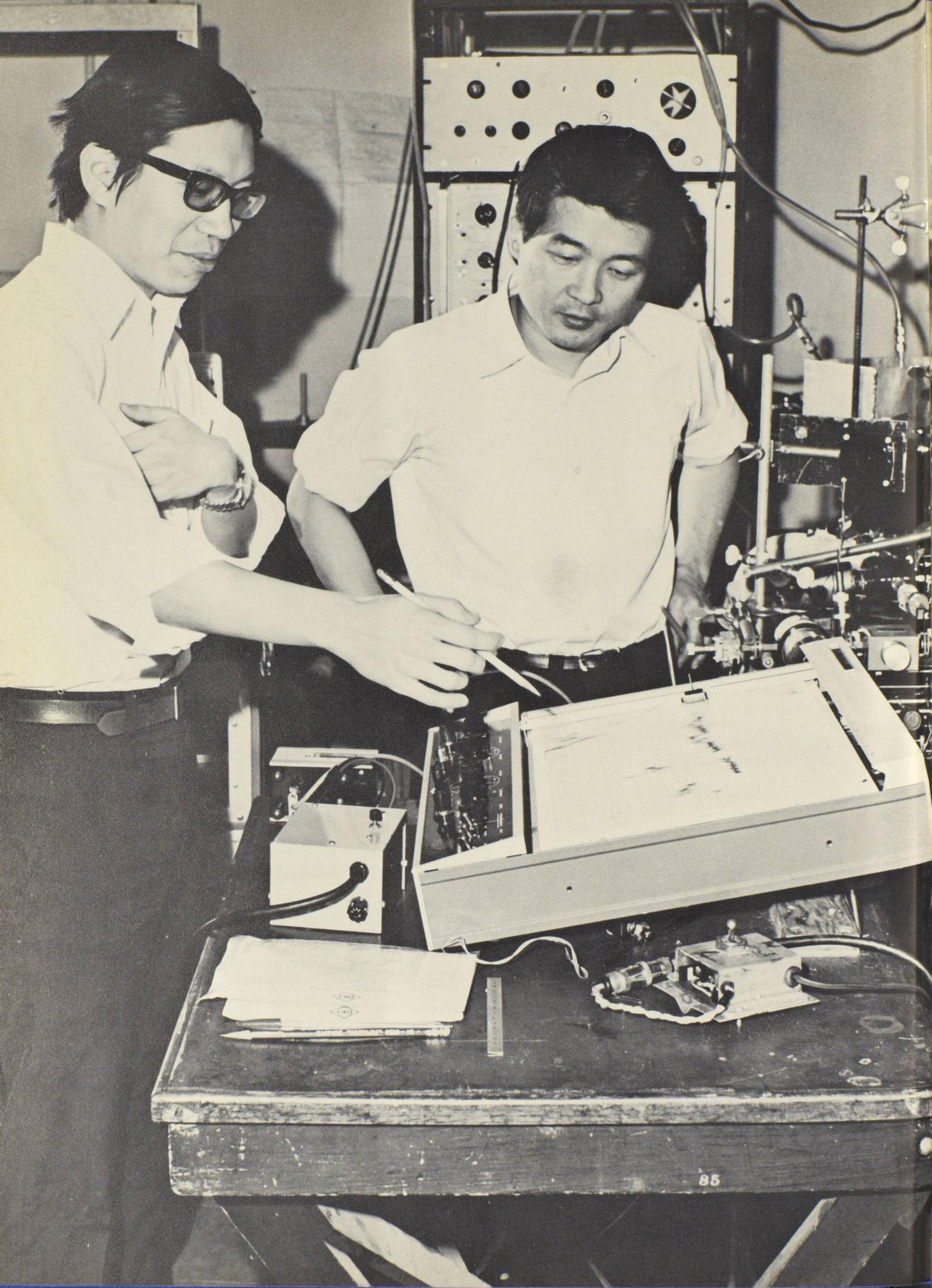
Le Dr Oka a déjà démontré que ces deux domaines ont réciproquement beaucoup à s'offrir, l'un étant lié à l'étude de l'Univers et l'autre au comportement des particules microscopiques constituant la matière.

Tous les changements rotationnels, que ce soit en laboratoire ou dans l'espace, résultent uniquement de deux processus moléculaires élémentaires, c'est-à-dire de collisions ou de phénomènes impliquant l'absorption ou l'émission d'énergie électromagnétique. Les processus dans ces deux derniers cas font l'objet de recherches intensives depuis bien des années et ces études constituent la base de la spectroscopie moléculaire.

Pourquoi sait-on si peu de choses sur l'influence des collisions moléculaires? Les expérimentateurs reprochent aux théoriciens de ne pas avoir mis au point la théorie de la collision qui leur aurait permis de déterminer les quantités moléculaires avec précision à partir des expériences. Les théoriciens, quant à eux, ont été déçus de constater l'inexistence d'études expérimentales dans ce domaine. Les collisions moléculaires sont si fréquentes en laboratoire que les mesures sont difficiles à faire et que la plupart des physiciens et des chimistes se contentent d'une représentation statistique relativement simple. Ces deux catégories de spécialistes concèdent qu'une compréhension détaillée du processus élémentaire de collision était rarement nécessaire pour expliquer les résultats des expériences normales de laboratoire.

Mais le "laboratoire cosmique" est loin d'être normal. Comparativement au minimum de 10^{18} molécules que contient chaque centimètre cube d'espace en laboratoire, la densité moyenne de l'espace interstellaire est d'un atome d'hydrogène par centimètre cube et toutes les autres molécules qui s'y trouvent sont extrêmement rares par rapport à l'hydrogène. Même dans les nuages interstellaires, où la densité peut être beaucoup plus élevée, elle dépasse rarement l'équivalent d'un millier de molécules d'hydrogène par centimètre cube.

Il est impossible de reproduire en laboratoire les conditions qui règnent dans l'espace interstellaire car, en laboratoire, les molécules entrent en collision au rythme de cent millions de fois par seconde alors que le phénomène ne se produit qu'une fois par an dans les nuages interstellaires. Cela nous met en présence d'une nouvelle échelle de temps où cent ans peuvent être considérés comme un bref intervalle et où l'effet des collisions des molécules sur leur énergie rotationnelle est "figé" pour longtemps du fait de cette nouvelle dimension temporelle. C'est la raison pour laquelle il devient très important de connaître la nature de ces



Molecular collisions

E.W.R. Steacie Memorial Fund to which colleagues and friends of the late President of the National Research Council contributed. The prize is awarded annually for excellence in work done in the natural sciences by younger researchers in Canadian laboratories.

If the molecules of a gas at room temperature could be observed, they would be seen to be moving rapidly about with a zig-zag motion as they collide with each other. Closer observation would show each of the molecules to be spinning. In fact, much of the total energy of the molecule is in this spinning motion. During each collision a molecule would increase or decrease its rotational energy, in other words, the speed with which it spins. Since the earliest discoveries of the kinetic theory of gases, nearly 100 years ago, this picture of gas has remained essentially unchanged.

Dr. Oka's experiments have been concerned with a more detailed description of the collision process. If a single molecule in the gas could be observed at a given instant, it

Opposite / Page de gauche

Dr. Frank Chu and Dr. Takeshi Oka discussing results of a microwave double resonance experiment. • Le Dr Frank Chu et le Dr Takeshi Oka discutent des résultats donnés par une expérience de double résonance en micro-ondes.

Below / Ci-dessous

Dr. S.M. Freund and Dr. Takeshi Oka working on an apparatus for studying infrared-microwave two-photon processes. • Le Dr S.M. Freund et le Dr Takeshi Oka travaillent sur un appareil servant à étudier les processus d'absorption de deux photons en infra-rouge et en micro-ondes.

Below right / Ci-dessous à droite

A collaborator of Dr. Oka, on Sabbatical leave from Rice University, Houston, Texas, Professor Robert F. Curl and infrared-microwave double resonance apparatus with a helium-neon laser. Rotational transitions of methane have been observed using this apparatus. • Le professeur Robert F. Curl, en congé sabbatique de la Rice University, à Houston, au Texas, et collaborateur du Dr Oka, devant l'appareil de double résonance en infra-rouge et en micro-ondes et utilisant un laser à hélium et néon. Les transitions rotationnelles du méthane ont été observées avec cet appareil.

Collisions moléculaires...

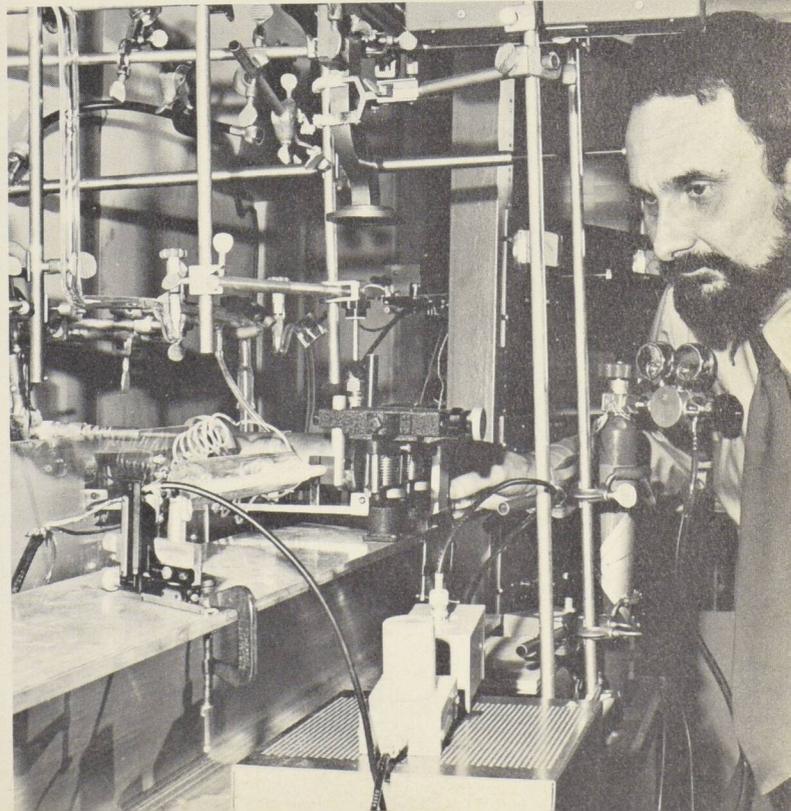
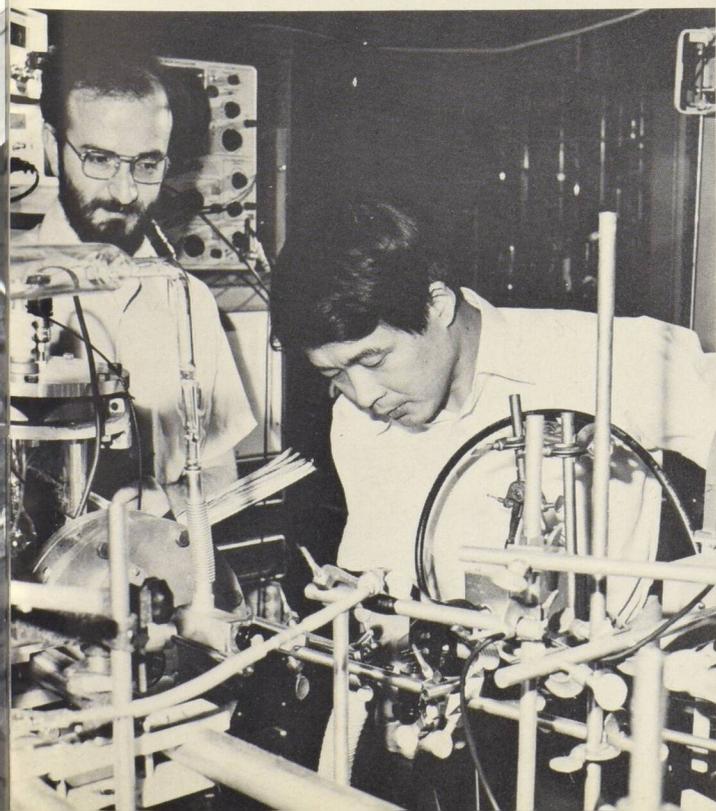
changements car là se trouve peut-être la clé qui permettra à l'homme de mieux connaître le milieu interstellaire.

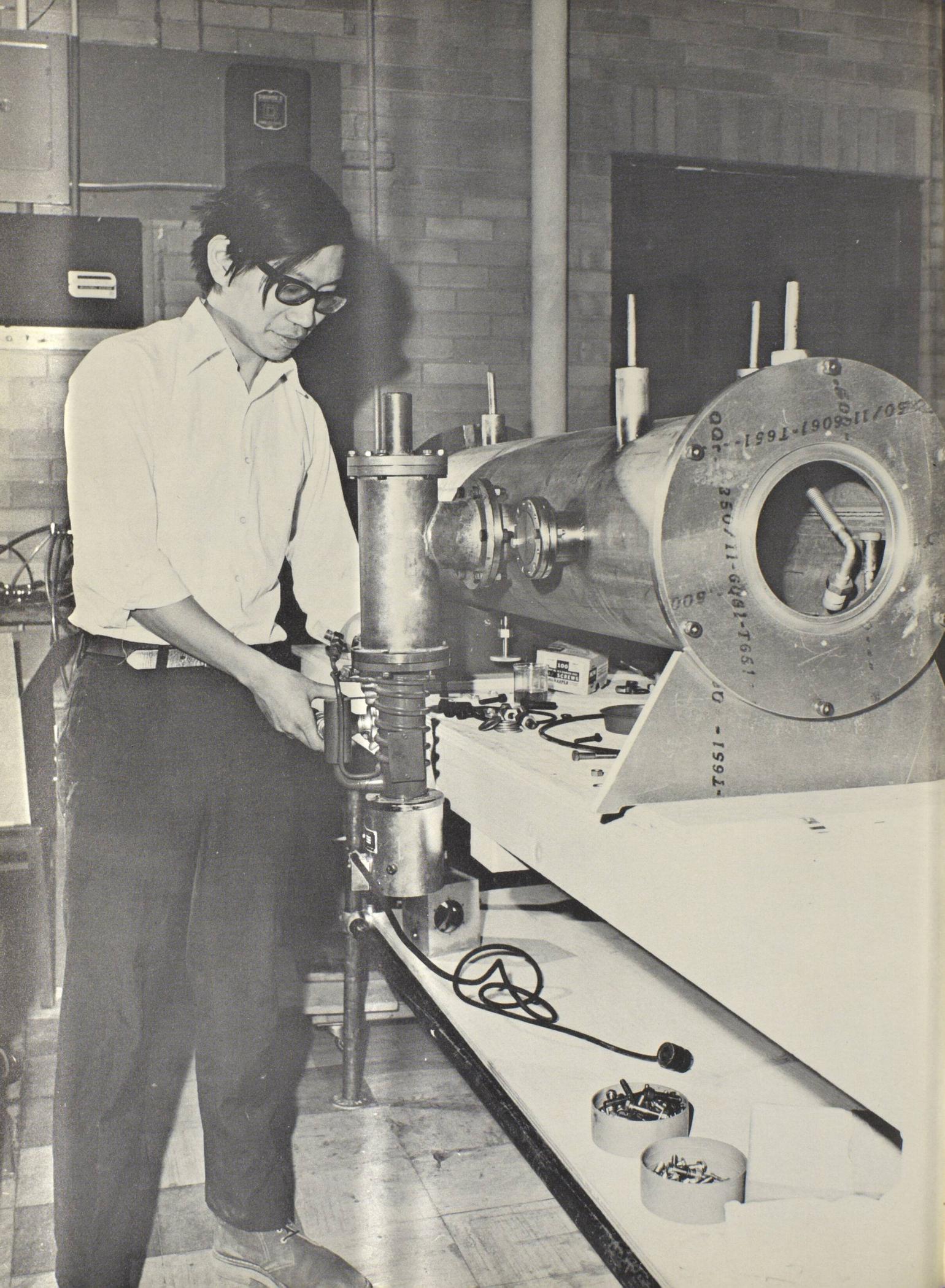
Tant du point de vue théorique qu'expérimental, le Dr Oka a donné un nouvel élan à l'étude de ce qu'il appelle "les transitions entre les niveaux rotationnels des molécules induites par les collisions". Ces travaux remarquables lui ont valu le prix Steacie qui comprend le versement d'une certaine somme d'argent provenant de la bourse commémorative E.W.R. Steacie à laquelle ont contribué les collègues et amis du regretté président du Conseil national de recherches. Le prix est attribué annuellement par les administrateurs de la bourse pour récompenser des travaux exceptionnels en sciences naturelles exécutés dans des laboratoires canadiens par de jeunes chercheurs.

S'il était possible d'observer des molécules de gaz à la température ambiante, on constaterait qu'elles sont animées d'un mouvement rapide et zigzagant en entrant en collision les unes avec les autres. Un examen plus attentif nous montrerait que chacune de ces molécules tourne sur elle-même. En fait une grande partie de l'énergie totale de la molécule se trouve dans ce mouvement giratoire. Au cours de chaque collision, chacune d'entre elles accroît ou décroît son énergie rotationnelle, c'est-à-dire la vitesse de son spin. Depuis les premières découvertes de la théorie cinétique des gaz, il y a près d'un siècle, cette représentation du comportement des gaz est restée pratiquement inchangée.

Les expériences du Dr Oka visent à obtenir une description plus détaillée du processus de collision. S'il était possible d'observer, à un moment donné, une seule molécule du gaz, on verrait qu'elle possède une certaine énergie rotationnelle. Il serait intéressant de savoir de combien cette énergie croît ou décroît après que la molécule est entrée en collision avec une autre. L'expérience du Dr Oka nous permet de faire ce type d'observation et des mesures quantitatives du transfert d'énergie qui intervient lors d'une collision donnée.

Avec la mécanique quantique, l'énergie rotationnelle d'une molécule peut être définie exactement par certains nombres quantiques. Le Dr. Oka a démontré que pendant les collisions





Molecular collisions

would be seen to have a particular amount of rotational energy. How much does this rotational energy increase or decrease after the molecule enters into collision with another molecule? His experiment enables scientists to make this type of observation and makes possible quantitative measurements of the energy transfer which take place in a given collision.

Using quantum mechanics, the rotational energy of a molecule can be specified exactly by certain quantum numbers. Dr. Oka has demonstrated that during collisions these quantum numbers change only in some particular ways which are determined by the nature of the molecule and the colliding partner. These experiments have advanced knowledge of molecular collisions from a stage where only the average result of many collisions was known to a stage where one can make a definite statement about the effects of a collision on a molecule in a particular rotational state.

"We use the trial and error concept in a relatively simple experiment," explains Dr. Oka. "We steadily disturb one part of the system and observe how the other parts are affected. Our aim is to see what happens to molecules with a known rotational energy after they enter into collision. How is their rotational speed changed?"

Dr. Oka was the first to discover (in 1966) that collision-induced transitions in rotational energies do not occur randomly to all levels but selectively, only to certain levels. Just as is the case with electronic and vibrational transitions, and with rotational changes due to the absorption or emission of radiation, Dr. Oka found that the rotational changes due to collisions also follow specific rules, called selection rules. Before this discovery the enormous number of molecular collisions which researchers were confronted with in laboratory experiments had led them to assume that all collisions gave random changes in rotational energy. Dr. Oka's discovery of selection rules in collision-induced transitions opened up a whole new field in chemical physics.

"There was some luck involved in the application of this work to interstellar molecules," Dr. Oka says. "Professor Townes — he is one of the inventors of the laser — and his group at Berkeley discovered the first interstellar polyatomic molecule, ammonia, in late 1968. This was just as the initial phase of my work was being concluded. My research was of considerable academic interest but I was looking for some applications of the results — trying to find a case where the consequences of the 'selection rules' appear on a macroscopic scale."

"Townes' observation of the ammonia cloud in the Sagittarius B2 region indicated that a single such cloud had great differences in temperatures. When I read this, I immediately realized that our work on the 'selection rules' of collision-induced transition in ammonia could explain this anomaly. The anomalous rotational distribution in interstellar ammonia was just the case we were looking for. Here was a consequence of the 'selection rule' on a macroscopic, awesomely macroscopic scale."

"Many polyatomic molecules have since been discovered in interstellar space and several turned out to be precisely those giving the best results in our experiments — formaldehyde, hydrogen cyanide, ammonia, carbonyl sulfide and methyl alcohol," he says. "Since then, interstellar molecules have been one of my main interests."

"We have come a long way from the rather crude experimental data and very approximate theories of several years ago. However, the whole field of collision-induced transitions, despite the recent discoveries, is still at a very rudimentary stage and much research remains to be done." □ Earl Maser

Dr. Frank Chu with an apparatus being constructed to study rotational distribution of simple molecules shortly after evaporation from a surface. • Le Dr Frank Chu et l'appareil en cours de construction pour étudier la répartition rotationnelle de molécules simples peu de temps après évaporation sur une surface.

Collisions moléculaires...

ces nombres quantiques ne changent que sous certains aspects qui sont déterminés par la nature de la molécule et de la particule avec laquelle elle entre en collision. Ces expériences ont fait progresser nos connaissances sur les collisions moléculaires du stade où l'on ne connaissait que le résultat moyen de nombreuses collisions jusqu'à celui où l'on peut formuler des données précises sur les effets d'une collision avec une molécule se trouvant dans un état rotationnel bien déterminé.

Écoutons le Dr Oka: "Nous utilisons la méthode empirique pour une expérience relativement simple en perturbant en permanence une partie du système et en nous contenant d'observer en quoi les autres parties sont affectées. Notre objectif est de découvrir ce qui arrive aux molécules ayant une énergie rotationnelle connue après être entrées en collision. De quelle façon la vitesse rotationnelle est-elle changée?"

Le Dr Oka a été le premier à découvrir, en 1966, que les transitions, induites par les collisions, des énergies rotationnelles, ne se produisent pas aléatoirement à tous les niveaux mais au contraire sélectivement et à certains niveaux seulement. Comme dans le cas des transitions électroniques et vibratoires et des variations rotationnelles dues à l'absorption ou à l'émission de radiations, le Dr Oka a trouvé que les variations rotationnelles dues aux collisions suivent également des règles bien précises appelées règles de sélection. Avant cette découverte, l'énorme quantité de collisions moléculaires observées par les chercheurs en laboratoire les avait conduits à penser que toutes les collisions produisaient des variations aléatoires de l'énergie rotationnelle. La découverte du Dr Oka sur les règles de sélection dans les transitions induites par les collisions a ouvert un domaine entièrement nouveau en chimie physique.

"C'est un peu par hasard que nous avons appliqué ces travaux à l'étude des molécules interstellaires. Le Professeur Townes, l'un des inventeurs du laser, et ses collaborateurs de Berkeley, avaient découvert la première molécule polyatomique interstellaire, l'ammoniac, à la fin de l'année 1968, c'est-à-dire à l'époque où j'achevais la phase initiale de mes travaux. Mes recherches étaient d'une importance considérable sur le plan théorique mais je souhaitais trouver quelques applications: un cas où les conséquences des "règles de sélection" apparaissent à l'échelle macroscopique".

"L'observation d'un nuage d'ammoniac par Townes et ses collègues, dans la région B2 du Sagittaire montrait qu'il y avait de grandes différences de température dans un nuage de ce type. En l'apprenant, il m'est immédiatement apparu que nos travaux sur les "règles de sélection" des transitions résultant des collisions dans l'ammoniac pouvaient expliquer cette anomalie. La répartition rotationnelle anormale observée dans l'ammoniac interstellaire constituait exactement le type d'exemple que nous cherchions. C'était là la conséquence de la "règle de sélection" à l'échelle macroscopique, extraordinairement macroscopique".

"Depuis on a découvert de nombreuses molécules polyatomiques dans l'espace interstellaire et plusieurs d'entre elles se sont précisément trouvées être celles qui ont donné les meilleurs résultats dans nos expériences; ce sont: l'aldéhyde formique, l'acide cyanhydrique, l'ammoniac, le sulfure de carbone et l'alcool méthylique. Les molécules interstellaires constituent depuis lors un de mes principaux domaines d'intérêt".

"Nous sommes loin des premières données expérimentales vagues des théories très approximatives de ces dernières années mais il n'en demeure pas moins, qu'en dépit des récentes découvertes, la totalité du domaine des transitions induites par les collisions se trouve encore à un stade très rudimentaire et bien des études restent à faire", a conclu le Dr Oka. □

Smoke No. 1 high-rise threat

In fire-fighting circles, a "high-rise" building is defined as one where immediate evacuation of all building occupants to the outside is not practical; where fire must be fought internally because of height; where parts of the structure extend beyond the reach of fire fighting equipment; and where a potential exists for chimney or "stack" effect — cold air entering at ground level and migrating upwards as it is heated.

Stack effect has been likened to a well-functioning fireplace with the flue open. Fire and smoke are rapidly drawn up the chimney. And the higher the building the greater the stack effect which in modern-day buildings can be substantial. Smoke, propelled by a heat expansion that multiplies the volume of air in a given area by a factor of three, quickly migrates through the building, while the extremes of heat may pop hermetically-sealed windows, raining deadly glass shards on sidewalks below.

While the multi-storey or skyscraper structure has been on the North American architectural scene for at least 70 years, fire has not loomed large as a hazard to occupants until recent changes in interior design and furnishings.

Earlier buildings were highly compartmented, making fires easy to control and smoke migration simpler to prevent. Modern-day architects increasingly have leaned away from compartmentation and it is common now for entire floors to make up one single office area.

There has also been an increasing use of flammable materials for interior lining and the general use of interior finish, insulation and furnishings of materials, primarily plastics, which have a propensity to generate dense smoke.

Additionally, in many modern buildings the main lobby, generally constituting the egress point from elevators, and often from stairwells, is no longer free of combustibles. Often such areas are closely associated with high fire risk occupancies such as restaurants and retail stores.

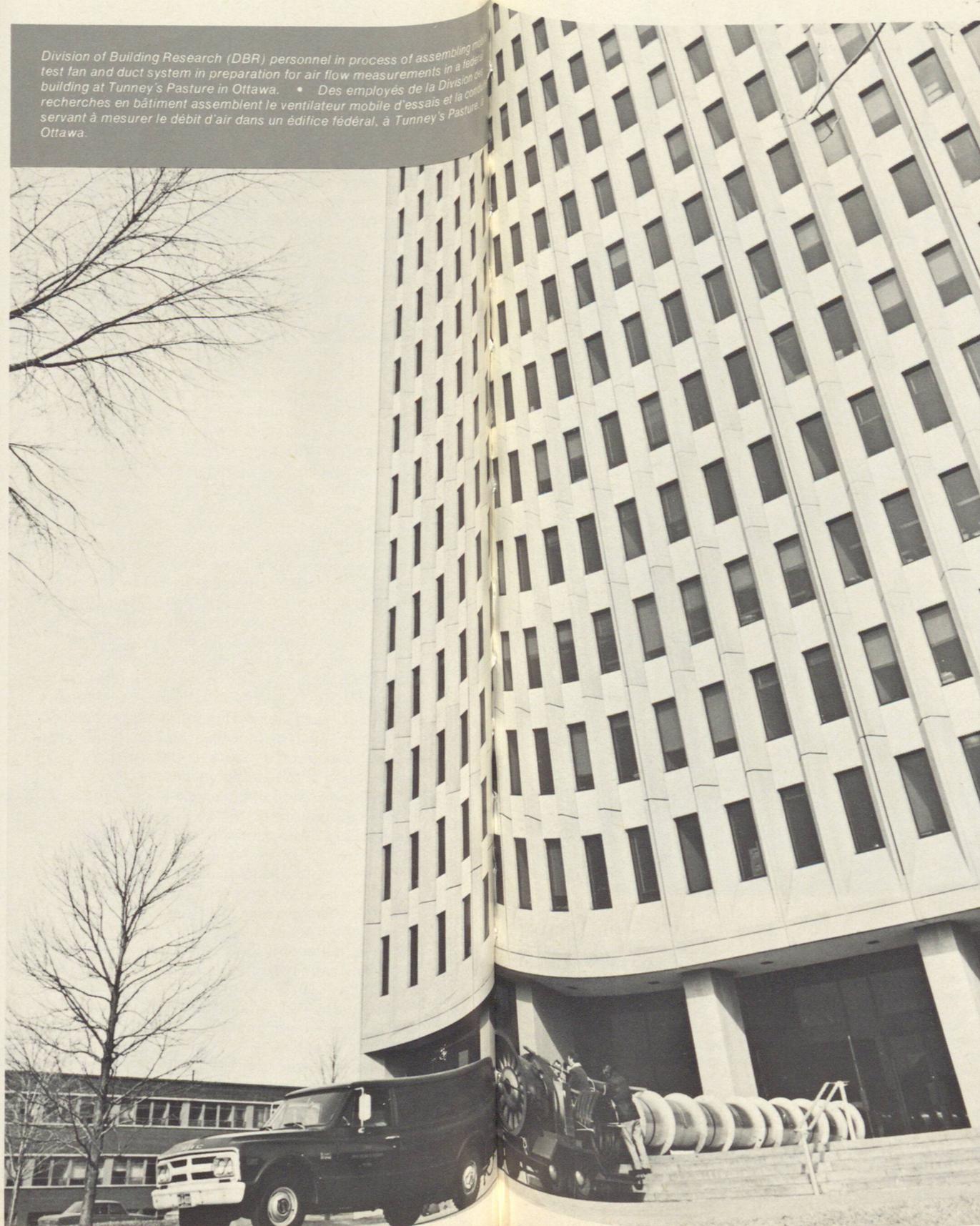
Because such developments are relatively recent, it is not too surprising that little attention has been paid to the development of fire regulations governing the high-rise.

In Canada the problem was brought home to officials in government by a 1967 false fire alarm in Tower B of Ottawa's Place de Ville office-hotel complex. As a result the Dominion Fire Commissioner came to the conclusion that there were special fire safety problems in high-rise buildings requiring special measures. He raised the high-rise safety topic in discussion with the Division of Building Research of the National Research Council of Canada (DBR).

The Division employs a staff of 235 and operates specialized laboratories in four buildings in Ottawa and maintains offices in four other cities across the country. It conducts a comprehensive program of research on behalf of the Canadian building industry, answers approximately 1,000 inquiries each month, distributes 650,000 copies of its own publications each year and produces more than 100 new publications annually.

Two DBR sections had already done some preliminary investigation applicable to the high-rise area. J. H. McGuire of the Fire Research Section had done a study of the stack effect in single-storey buildings from the fire point of view. G. T. Tamura of the Services Section had done extensive research into airflow patterns in buildings as part of a study involving the control of the environment inside buildings. His completed computer program was easily applicable to smoke migration due to stack effect.

Division of Building Research (DBR) personnel in process of assembling mobile test fan and duct system in preparation for air flow measurements in a federal building at Tunney's Pasture in Ottawa. • Des employés de la Division des recherches en bâtiment assemblent le ventilateur mobile d'essais et la conduite servant à mesurer le débit d'air dans un édifice fédéral, à Tunney's Pasture, Ottawa.



La fumée, ennemi N° 1 des grands édifices

Pour les spécialistes de la lutte contre l'incendie, un édifice de grande hauteur est défini comme étant un ensemble dont la conception se prête mal à l'évacuation par l'extérieur, où le feu doit être combattu intérieurement en raison de la hauteur, où les éléments de la structure sont hors de portée du matériel de lutte contre l'incendie et où il y a risque d'appel d'air au rez-de-chaussée transformant les cages d'escaliers et d'ascenseurs en véritables cheminées très favorables à la combustion.

Le feu et la fumée progressent rapidement vers le haut et d'autant plus vite que l'édifice est élevé. D'autre part, si la température absolue devient trois fois plus élevée, par exemple, le volume d'air est triplé, ce qui signifie qu'une quantité d'air et de fumée égale au double du volume initial envahit l'édifice. A ces fumées qui se répandent rapidement s'ajoute l'effet des pointes de chaleur faisant éclater les vitres qui s'abattent alors sur les trottoirs et risquent de blesser ou de tuer les passants.

Bien que les grands édifices, ou gratte-ciel, fassent partie du décor urbain nord-américain depuis au moins 70 ans, ce n'est que depuis les changements intervenus dans la construction et l'aménagement de l'intérieur que le feu constitue une grave danger pour les occupants.

Les édifices plus anciens étaient fortement compartimentés, ce qui facilitait la lutte contre le feu et contre la progression de la fumée. Les architectes contemporains s'éloignent de plus en plus de la compartimentation et il n'est pas rare de nos jours que tout un étage sans aucune cloison soit occupé par du personnel administratif.

Notons d'autre part une utilisation croissante des matériaux inflammables pour l'aménagement intérieur et l'emploi généralisé de matériaux de finition, d'isolation et de décoration, surtout des plastiques, dégagant des fumées très denses.

Remarquons aussi que dans un grand nombre d'immeubles modernes, le hall d'entrée où l'on prend généralement l'ascenseur et l'escalier n'est malheureusement plus exempt de matériaux combustibles; en outre, il donne souvent accès à des restaurants et à de petits magasins ce qui ajoute au risque d'incendie.

Cette évolution étant relativement récente, il n'est pas surprenant que l'on n'ait pas, jusqu'à maintenant, pensé à faire des règlements spéciaux applicables à ces grands édifices.

Il a fallu qu'il se produise, en 1967, une fausse alerte à la tour B, édifice à vocation mixte bureau-hôtel, situé Place de Ville, à Ottawa, pour que les autorités compétentes se penchent sur le problème. L'attention du Commissariat fédéral des incendies a été attirée sur la nécessité de définir des règlements spéciaux visant à combattre les risques d'incendie dans ce type d'édifice. Le Commissariat fédéral des incendies a soulevé ce problème lors d'entretiens avec des représentants de la Division des recherches en bâtiment (DRB) du Conseil national de recherches du Canada.

La Division, dont l'effectif est de 235, dispose de laboratoires spécialisés répartis dans quatre bâtiments, à Ottawa, ainsi que des bureaux dans quatre autres villes canadiennes. Elle a entrepris un très vaste programme de recherches pour le compte de l'industrie canadienne de la construction; elle répond approximativement à mille demandes de renseignements chaque mois, distribue annuellement 650 000 exemplaires de ses propres publications qui augmentent de plus de cent chaque année.

"In these preliminary discussions," Mr. McGuire says, "initial emphasis was placed on the problem of evacuation. We were able to point out that, with building populations now ranging as high as 25,000, total evacuation within a reasonable time becomes virtually impossible and firefighters must attack the blaze while people are still inside. The fire department is not accustomed to this type of situation during fire fighting operations. For example, their access to the fire floor could be blocked by people. Therefore, new fire fighting tactics must be developed to meet new problems. We also stressed that, with the exception of fires that propagate via the exterior, the problems of fire spread from floor to floor had theoretically been largely resolved, and that smoke migrating quickly to upper storeys via vertical shafts must be considered as the chief hazard."

(It has been shown that a person trapped in a smoke-filled room can die of asphyxiation in as little as three minutes and that 85 per cent of all fire fatalities result from this cause).

The result was that the Dominion Fire Commissioner and the Department of Public Works became aware that the spread of smoke was a hazard apart from fire itself and that research was needed in developing practical preventative measures. Committees were formed with DBR participation. Initial results were a series of measures covering smoke control that became guidelines for all future Public Works buildings.

The next step was the creation of a special High Rise Task Group by NRC's Associate Committee on the National Building Code, an advisory document which serves as a model to many municipalities in the preparation of their local building codes. The Task Group developed additional fire safety measures for high buildings and these were included in the 1970 version of the National Building Code.

The code recommendations include provision of a central control facility in each building which is readily accessible to the firefighters. From the control room firefighters can operate a fire alarm system and a public address communications system which links each floor to the central control facility. Important messages can be relayed to the building occupants and the firefighters, thus reducing panic and providing more efficient fire fighting operations.

The code also contains provisions for:

- Elevators with provision for independent manual control to prevent smoke or hot gases from interfering with normal operation and freezing elevators in the open-door position on the fire floor.

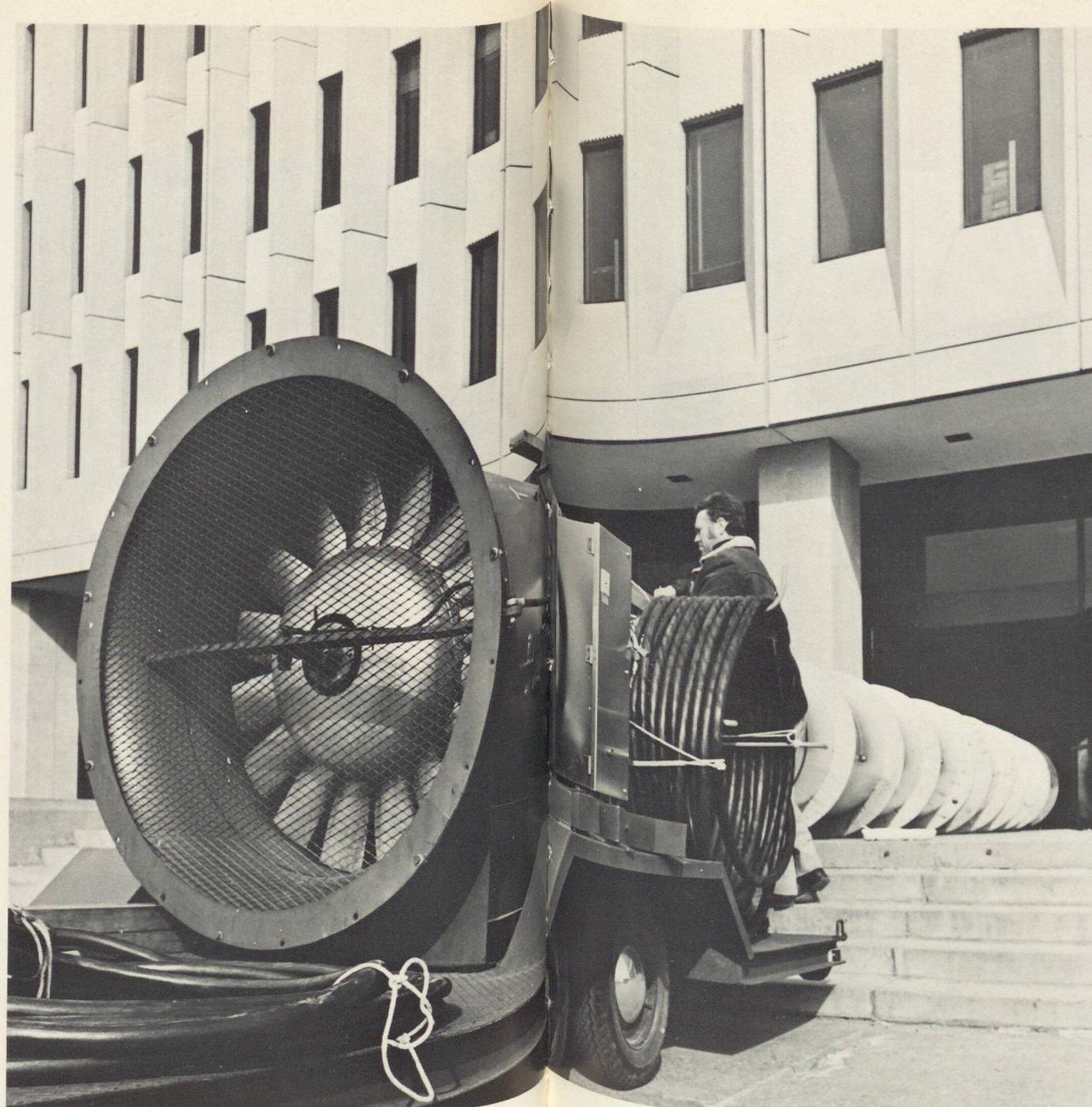
- Means of venting smoke from each floor to the outside as an aid to firefighters, either by windows or panels that open outwards, or by provision of a non-combustible smoke shaft which extends above the roof of the building.

- Installation of sprinkler systems in selected high fire risk areas — restaurants, beverage rooms, storage rooms for hazardous materials and all basement areas.

- A separate emergency electric power service supplying at least two hours of power for such things as fire alarm systems, water supply for firefighting and one elevator for the exclusive use of the firefighters in buildings more than 120 feet in height.

- Minimum requirements of flame-spread rating and smoke-developed classification for material on the interior finish in unsprinklered buildings.

When it came to measures for the control of smoke movement, it was decided that these should be developed and issued separately since they were to be designed to provide novel solutions to the problems faced by high-rise occupants forced to remain in a building during a fire emergency. These proposals for smoke control are now before the Associate Committee and are expected to be published as a supplement to the National Building Code.



J.A. Richardson of DBR adjusts mobile test fan which, with its variable pitch blades, controls air flow rate from zero to 50,000 cubic feet per minute. The fan is used to determine the effectiveness of pressurization as a means of maintaining elevator and stair shafts free of smoke. Values of air tightness of these shafts obtained from tests are also used in the mathematical modelling of buildings. • M. J.A. Richardson, de la Division des recherches en bâtiment, prépare le ventilateur mobile qui permet de régler le débit d'air de zéro à 50 000 pieds cubes par minute grâce à ses aubes à pas variable. Ce ventilateur permet de vérifier si la pressurisation est un moyen efficace d'empêcher les cages d'ascenseurs et d'escaliers d'être enfumées. Ainsi, on peut obtenir le degré d'étanchéité des cages dont on a besoin pour la représentation mathématique des bâtiments.

Where a building is not equipped with full sprinkler systems, the proposed measures will be designed to maintain tenable conditions in designated parts of a building where occupants may have to remain during a fire emergency.

25 000 personnes, l'évacuation devient virtuellement impossible et que les pompiers doivent combattre le feu alors que l'édifice est encore occupé ce à quoi ils ne sont pas habitués. Nous avons également insisté sur le fait qu'à l'exception des feux qui se propagent par l'extérieur, les problèmes de lutte contre l'incendie avaient été largement résolus sur le plan théorique et que la fumée qui envahit rapidement les étages supérieurs, grâce notamment aux cages d'escaliers et d'ascenseurs, doit être considérée comme le principal danger".

Il a été démontré qu'une personne bloquée dans une pièce remplie de fumée peut mourir d'asphyxie en trois minutes et que 85% des victimes périssent de cette manière.

C'est à la suite de ces entretiens que le Commissariat fédéral des incendies et le Ministère des travaux publics se sont rendus compte qu'il fallait considérer la propagation de la fumée comme étant un risque à part et qu'il était nécessaire d'entreprendre des recherches pour mettre sur pied des mesures préventives efficaces. Des comités ont été formés avec la participation de la DRB. Les travaux de ces comités ont conduit à une série de mesures couvrant la lutte contre la fumée et qui doivent être appliquées à toutes nouvelles constructions soumises à une réglementation ministérielle.

L'étape suivante a été la création d'un groupe spécial d'études sur les édifices de grande hauteur par le Comité associé du CNRC sur le Code national du bâtiment. Ce Code est un recueil de recommandations dont s'inspirent les municipalités pour préparer leurs propres codes. Le groupe a mis au point des mesures de lutte contre l'incendie qui sont incluses dans l'édition 1970 du Code national du bâtiment.

Le Code recommande notamment que chaque édifice contienne un local aisément accessible aux pompiers d'où ces derniers peuvent déclencher l'alerte à un étage donné et dire aux occupants ce qu'ils doivent faire.

Nous donnons ci-dessous quelques exemples des dispositions prévues par le code:

- les ascenseurs doivent être munis de commandes manuelles indépendantes pour que, au cas où la fumée ferait écran devant les cellules photoélectriques et ainsi bloquerait les ascenseurs portes ouvertes à l'étage où l'incendie fait rage, il soit encore possible d'évacuer les occupants.

- il doit exister des moyens assurant la ventilation de chaque étage par l'extérieur pour faciliter le travail des pompiers grâce à des fenêtres ou à des panneaux à ouverture vers l'extérieur ou encore à de grosses conduites à fumée séparées du bâtiment par des matériaux ignifuges et dépassant du toit.

- il faut aménager un réseau d'extincteurs automatiques dans les zones où le risque d'incendie est élevé, c'est-à-dire dans les restaurants, les cafés, les cafétérias, les espaces de rangement où sont entreposés des matériaux dangereux et dans tous les sous-sols.

- on doit pouvoir disposer d'un groupe électrogène pouvant assurer pendant au moins deux heures l'alimentation en courant des systèmes d'alarme, des pompes et d'un ascenseur réservé aux pompiers dans les bâtiments dépassant 120 pieds de hauteur.

- des normes minimales doivent être appliquées pour les matériaux de finition de façon à limiter la vitesse de propagation des flammes et l'émission de fumées dans le cas de bâtiments non équipés d'un réseau d'extincteurs automatiques.

Lorsqu'on en est arrivé aux normes visant la propagation de la fumée, il a été décidé qu'elles devraient être mises au point et publiées séparément étant donné qu'elles avaient pour objet d'offrir de nouvelles solutions aux problèmes auxquels doivent faire face les occupants obligés de rester dans un

Deux sections de la DRB avaient déjà fait quelques recherches préliminaires applicables au domaine en question. M. J.H. McGuire, de la Section des recherches sur la prévention des incendies, avait étudié les problèmes d'appel d'air dans des bâtiments à un seul étage. M. G.T. Tamura, de la Section des services de bâtiment, avait aussi fait beaucoup de recherches sur les configurations des écoulements à l'intérieur des bâtiments dans le cadre d'une étude sur la climatisation. Son programme d'ordinateur a pu être facilement appliqué à la prévision du mouvement de la fumée.

M. McGuire se souvient qu'au cours de ses premiers entretiens, on avait insisté tout particulièrement sur le problème de l'évacuation. Écoutons-le: "Nous avons pu démontrer qu'avec une population totale pouvant atteindre

high-rise threat

Various alternative approaches to the problem will be described. One, for example, involves vestibule approach to stairwells and elevators, the vestibules either being vented or pressurized. Another method involves pressurizing of the stairwells and elevator shafts. The principal objective of both these and other approaches is to avoid smoke transfer from one floor to another and keep the exit ways free of smoke so they can be used by building occupants or the firefighters.

Pressurization of the whole building and venting of the fire region will confine smoke to the area of the fire but it is, of course, essential that the fire region be correctly identified and the smoke and hot gases be exhausted to the exterior of the building. Division of a building vertically into two parts can be a very effective means of ensuring that one side of the building remains smoke free and various variations on this approach are possible.

Much of the data on which the Task Group based its decisions regarding smoke control was the product of Mr. Tamura's work on airflow patterns within buildings. In his earlier work he carried out computer studies using computer models and field tests to determine the air flow movement in a building.

"I became involved with the Fire Section when it became apparent that my work was ideally suited for adaptation to smoke studies," Mr. Tamura says. "One part of our work then became the development of this computer program for predicting how much smoke will migrate through a building. The second part involves tests in modern high-rise buildings to determine the degree of resistance to air movement provided by walls and interior separations."

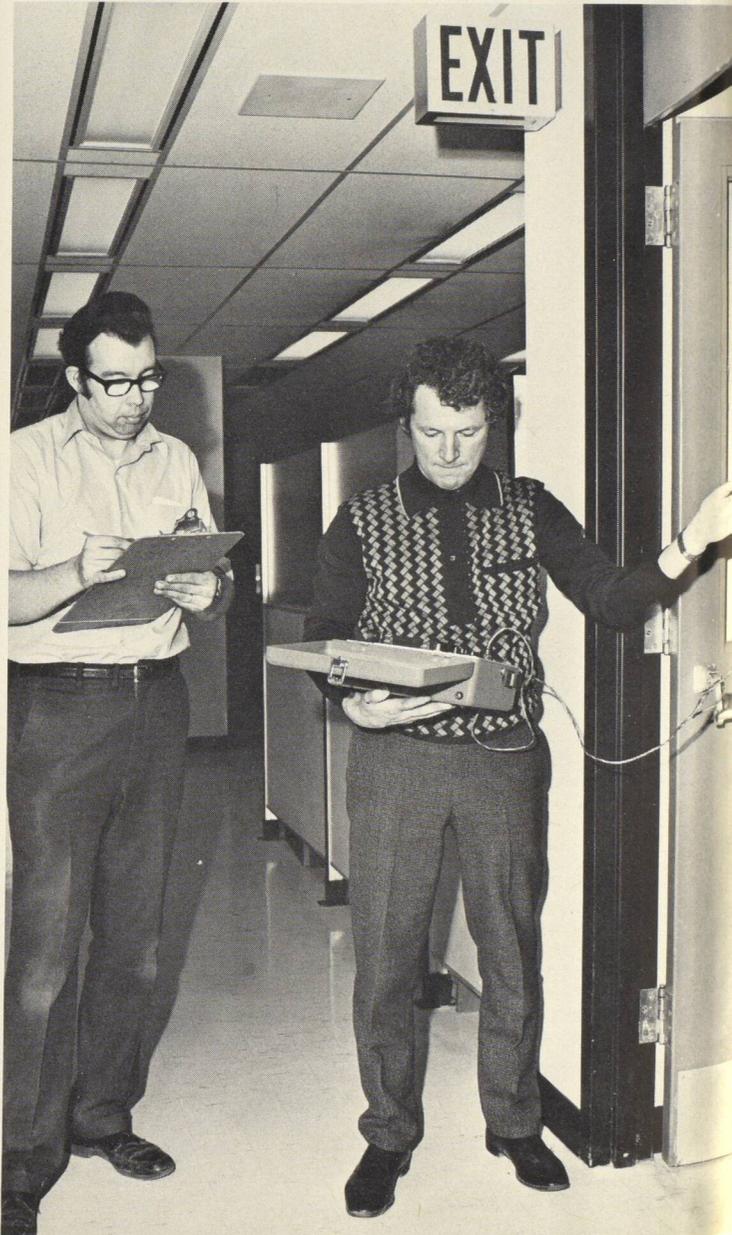
A study, using the computer program to assess the merits and disadvantages of operating air handling systems under summer and winter conditions, showed that, with certain modes of operation, smoke concentrations in critical areas are lower when the system is shut down. It was also found that smoke conditions can be markedly influenced by such factors as outdoor temperature and the breaking of windows on the fire floor.

"Our basic approach to smoke control has been to attempt to adjust or control the airflow pattern within a building so that smoke from a fire on one floor is prevented from contaminating other floors," Mr. Tamura says. "We try to keep smoke from entering stair shafts and elevator shafts while trying through such techniques as mechanical exhaust systems and smoke shafts to vent the smoke to the outside."

In experimental studies to determine the air tightness of elevator and stair shafts, a portable fan of 50,000 cubic feet per minute capacity is used. Buildings with special vertical shafts acting as smoke vents have been investigated as a means of checking theoretical predictions produced by computer studies.

Some idea of the widespread interest in the DBR smoke control program can be ascertained from the fact that the Center for Building Technology of the National Bureau of Standards in Washington is using the DBR computer program and has asked Mr. Tamura to assist that organization in the work. □ Arthur Mantell

R. G. Evans (right) and R.R. Jaekel of DBR employ a hot wire anemometer to measure air velocities at a door opening. In this exercise several doors in a pressurized stair shaft have been left open to simulate conditions of evacuation and fire fighting and rate of air flow from stair shaft to floor space is determined. • MM. R.G. Evans (à droite) et R.R. Jaekel, de la Division des recherches en bâtiment utilisent un anémomètre à fil chaud pour mesurer la vitesse de l'air et, de ce fait, le débit s'échappant des cages d'escalier lorsqu'on ouvre leurs portes. Durant cette expérience plusieurs portes d'une cage d'escalier pressurisée sont ouvertes afin de simuler les conditions d'évacuation et de lutte contre l'incendie.





R.G. Evans of DBR employs a strain-gauge diaphragm-type pressure transducer to measure pressure differentials across stair doors. With a given air supply this will determine the extent of stair shaft pressurization. • M. R.G. Evans, de la Division des recherches en bâtiment, utilise un transducteur de pression à extensomètre pour mesurer les différences de pression entre les deux faces d'une porte.

immeuble au cours d'un incendie. Ces propositions ont été soumises au Comité associé et doivent être incluses sous forme de supplément dans le Code national du Bâtiment.

Dans le cas d'édifices qui ne sont pas équipés d'un système d'extincteurs automatiques, on étudiera des mesures à prendre pour que les occupants puissent attendre les secours en un lieu donné sans que leur vie soit en danger.

Plusieurs solutions à ce problème sont proposées. Une de celles-ci, pour ne citer qu'un exemple, prévoit de relier les cages des escaliers et des ascenseurs aux couloirs par des vestibules ventilés ou pressurisés et jouant le rôle de sas. Une autre méthode consiste à pressuriser ou à ventiler ces cages. Le but visé dans chaque cas est d'éviter que la fumée ne monte d'un étage à l'autre ou ne bloque les sorties.

La pressurisation de l'ensemble de l'immeuble et la ventilation de la zone attaquée par le feu confineront la fumée dans le secteur où le feu a pris naissance, mais il est absolument essentiel dans ce cas de bien en avoir déterminé l'emplacement et que la fumée s'évacue à l'extérieur. La division verticale d'un édifice en plusieurs parties isolées les unes des autres pourrait empêcher la fumée de se propager.

Les données sur lesquelles le groupe de travail s'est appuyé pour arriver à sa décision, en matière de lutte contre la fumée, proviennent en grande partie des travaux de M. Tamura sur les configurations des écoulements à l'intérieur des bâtiments. Au cours de travaux précédents M. Tamura avait fait des études à l'aide de modèles pour ordinateurs et d'essais sur le terrain pour déterminer les configurations des écoulements dans un bâtiment.

M. Tamura nous a donné les précisions suivantes: "J'ai été amené à collaborer avec la Section de prévention des incendies lorsqu'il est devenu évident que mes travaux pouvaient très bien s'adapter aux études sur la fumée. C'est à ce point que nous avons entrepris l'étude de ce programme à l'aide d'un ordinateur pour prévoir la quantité de fumée qui se propage dans un immeuble. La deuxième partie de nos travaux comprend des essais dans des édifices de grande hauteur pour déterminer l'influence des murs et des cloisons intérieurs sur les écoulements d'air".

Une étude faisant appel au programme d'ordinateur pour évaluer les avantages et les inconvénients du chauffage par air pulsé l'hiver et de la climatisation pendant l'été a mis en évidence que les concentrations de fumée dans des zones critiques sont moins grandes si la circulation d'air est arrêtée. On a également constaté que des facteurs comme la température extérieure et le bris des vitres influent notablement sur l'enfumage.

"Notre approche fondamentale pour lutter contre la fumée a consisté à contrôler la configuration des écoulements à l'intérieur d'un bâtiment de sorte que la fumée produite par un feu ayant pris naissance à un étage donné ne se propage pas aux autres étages. Nous essayons d'empêcher la fumée de pénétrer dans les cages d'escaliers et d'ascenseurs tout en essayant de l'évacuer à l'aide de ventilateurs et de conduites spéciales", nous a dit M. Tamura.

Pour les études expérimentales que nous avons entreprises pour déterminer la résistance des cages d'ascenseurs et d'escaliers au mouvement de l'air, nous nous servons d'un ventilateur mobile débitant 50 000 pieds cubes par minute. On a vérifié les études théoriques, faites sur ordinateur, dans des bâtiments équipés de cages verticales spéciales pour la ventilation.

Le fait que le "Center for Building Technology" du "National Bureau of Standards", à Washington, ait demandé à M. Tamura de bien vouloir lui prêter le programme d'ordinateur établi par la DRB donne une indication de l'intérêt que cet organisme porte aux études entreprises par le CNRC pour lutter contre la fumée. □

Gas-lubricated bearings For high-speed equipment

The industrial world moves on bearings. In any operation where a reduction of friction is necessary to permit equipment or machinery to operate, some form of bearing must be used. Remove bearings from machinery and the industrial world would seize up.

The magnitude of the contribution that oil-lubricated journal and rolling element (ball or roller) bearings have made to industry and social progress is impossible to calculate. However, the time now has arrived when bearings of these types often are not suitable for modern sophisticated machinery, especially equipment operating at fantastically high speeds.

To overcome this problem, industry in the last few years has applied gas-lubricated bearings to a wide variety of industrial applications. Their range of application varies from miniature high-speed dental drills with rotors weighing a fraction of an ounce to gas circulators in nuclear power plants with rotors weighing several hundred pounds.

In particular, air-bearing technology has been exploited to a considerable extent by the machine tool industry. Commercially available hardware such as grinding wheel spindles and workheads fitted with air bearings have demonstrated a marked improvement in roundness and surface finish over the conventional oil journal or ball bearing units. Precision air bearing drill spindles which operate at speeds of up to 200,000 revolutions per minute have been incorporated in multi-spindle tape-controlled machines producing holes at a rate of 250,000 an hour. Air bearings have also been applied to machine tool slideways to allow accurate work-piece positioning, to roundness-measuring instruments and to form-measuring machinery.

There are two basic types of gas bearings — self-acting and externally pressurized, and this distinction must be made when discussing their relative merits. The self-acting (or hydrodynamic) bearings do not depend on an external supply of pressurized gas but instead rely on the viscous pumping of the gas in the clearance space between rotating parts to produce a load supporting pressure distribution. Stopping and starting of the shafts of these bearings is always accompanied by a

small amount of wear in the rubbing surfaces. Because of this problem and because externally pressurized bearings are capable of much higher stiffnesses, the latter type has been used most frequently for industrial applications.

Externally pressurized (or hydrostatic) bearings have gas continuously supplied from an external reservoir. A supply of pressurized air is usually available in most engineering workshops and can be used for pressurized bearings provided it meets the basic requirements of cleanliness and moisture content. The support of the bearing does not depend on the rotation of the bearing so that there need be no contact between parts and no resultant wear. Starting friction is zero and the viscous running friction is very low, all these combining to allow minimal warm-up times for machinery. Also of importance in many industrial applications is the averaging effect which the air film has on irregularities in the geometry of the floated parts. This permits exceptional accuracies of positioning or run-out. The gas bearing also does not contaminate its environment, a distinct advantage in aerospace applications.

Because of the importance of air bearing technology to industry, the Gas Dynamics Laboratory of the Division of Mechanical Engineering of the National Research Council of Canada has been engaged in an active program of research and development for some years.

Current research by the laboratory is directed primarily at problems associated with the design of the externally pressurized type of bearing. Journal and thrust bearings of various configurations have been studied. Compliant surface bearings and hydrostatic gas seals for compressors are also subjects of special interest. Attention has been focussed on the

Dr. Ian R. Lowe (left) and E.H. Dudgeon examine an experimental air bearing which has a compliant surface. The use of a compliant elastomer greatly increases the load capacity of the bearing. • Le Dr Ian R. Lowe (à gauche) et M. E.H. Dudgeon examinent un roulement à air expérimental dont la surface en élastomère relativement élastique permet de beaucoup plus grandes charges.



Roulements à gaz pour les grandes vitesses

Le monde industriel dépend des roulements. Dans tous les domaines où il faut réduire les frottements, pour que les machines fonctionnent, des roulements sous quelque forme que ce soit doivent être utilisés. Enlevez les roulements des machines et tout travail industriel cesse immédiatement.

Il est impossible de calculer quelle a été la contribution des paliers lubrifiés à l'huile et des roulements à billes ou à galets en faveur du développement industriel. Toutefois, de nos jours, ces types de roulements se sont révélés inadaptés aux conditions des machines modernes complexes et surtout de celles qui tournent à des vitesses extrêmement élevées.

Pour résoudre ce problème, l'industrie a eu recours, ces dernières années, à des roulements lubrifiés par des gaz. Ces roulements sont utilisés dans des domaines allant des fraises des dentistes, dont le rotor ne pèse que quelques grammes et tourne à très grande vitesse, jusqu'aux rotors pesant plusieurs centaines de livres et servant à faire circuler les gaz dans les centrales nucléaires.

La technique des roulements à air a été très exploitée en particulier dans les machines-outils. Dans le commerce, on trouve des pièces comme des meules et des têtes de travail, équipées de roulements à air, qui donnent des états de surface et des arrondis très supérieurs à ceux que l'on peut obtenir avec des roulements traditionnels. On a pu construire des perceuses de précision qui tournent à des vitesses atteignant 200 000 tours par minute et des perceuses multimèches, commandées numériquement, qui peuvent percer 250 000 trous à l'heure. Les roulements à air ont été également appliqués aux chariots de machines-outils pour permettre un meilleur centrage de la pièce à travailler; on les a appliqués également aux instruments de mesure des arrondis et aux palpeurs.

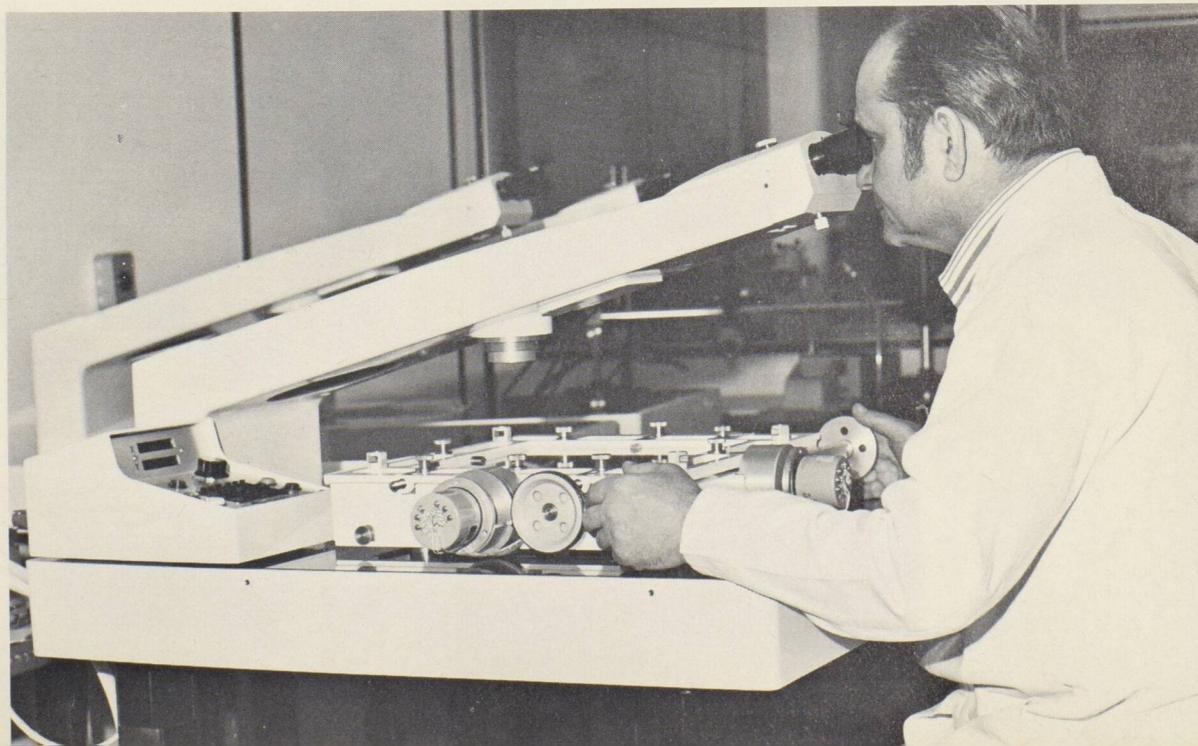
Il existe deux types fondamentaux de roulements à gaz: ceux qui utilisent l'air se trouvant naturellement dans le roulement et ceux qui utilisent de l'air envoyé sous pression; il est important de distinguer entre les deux types lorsque l'on parle de leurs avantages. Les roulements à air utilisant l'air ambiant et appelés roulement hydrodynamiques fonctionnent sous l'action du pompage visqueux du gaz, dans l'espace se trouvant

entre la partie mobile et la partie fixe, de manière à obtenir une répartition des pressions permettant l'effort. Au démarrage et à l'arrêt des roulements de ce type il se produit toujours une certaine usure des surfaces en contact. Pour éliminer cette usure, on a recours à l'injection d'air sous pression et l'on obtient alors le deuxième type de roulement à air qui est beaucoup plus rigide et qui est utilisé plus fréquemment dans les applications industrielles.

Les roulements utilisant de l'air comprimé sont les plus utilisés car, dans la plupart des ateliers, on dispose d'une source d'air comprimé propre et suffisamment humide. La suspension de la partie mobile ne dépendant pas de son mouvement relatif par rapport à la partie fixe, il est possible d'éviter le contact et, de ce fait, toute usure. Le frottement entre les parois est nul au départ et le frottement visqueux au sein du fluide est très faible de sorte que ces roulements réduisent considérablement le délai de mise en oeuvre des équipements utilisés. Dans certaines applications industrielles, il est aussi important de noter que le film d'air a pour effet de réduire l'influence moyenne des irrégularités géométriques des parties mobiles et ainsi de permettre une précision exceptionnelle de positionnement de la pièce. Dans le domaine des applications spatiales, il est à noter que l'air du roulement ne contamine pas l'environnement de la pièce mobile.

En raison de l'importance de la technologie des roulements à air dans l'industrie, le Laboratoire de la dynamique des gaz de la Division de génie mécanique du Conseil national de recherches du Canada s'est lancé dans un programme de recherches et de développement au cours des dernières années.

Hans Krieg, instrument technician, checks the calibration of the Model 102 Monocomparator manufactured by Marsland Engineering, a division of Leigh Instruments Limited. The ease of operation of this instrument, used in the analysis of aerial photographs, is greatly enhanced through the use of air bearings on the film carriage. • M. Hans Krieg vérifie que le monocomparateur, modèle 102, de la division Marsland Engineering de la compagnie Leigh Instruments Ltée, est bien étalonné. Cet instrument, servant à dépouiller les photographies aériennes, est très facile à utiliser du fait que le chariot est monté sur roulements à air.



bearings

small orifices or restrictors which supply the gas to the bearing clearance space because of the association of bearing stability with certain types of entrance geometries. As a result of this research, this division has published several reports relating to the design of externally pressurized thrust and journal bearings.

Gas bearings will always be more handicapped by their comparative bulk than rolling element or plain journal oil-lubricated bearings. This may restrict the use of gas bearings in certain industrial applications, but as performance demands increase the need for higher rotational speeds and for more power from smaller packages, the special advantages of gas bearings make them realistic contenders in the field of low-friction rotational machinery.

The advantages of gas lubricated bearings over conventional oil lubricated bearings are also found at the low- and high-temperature extremes of the operating range. Gaseous lubricants do not undergo changes of composition such as other lubricants which may melt, freeze, vaporize, burn or decompose between the limits of temperature for industrial service.

Gas lubricated bearings are clean in operation. In extremely complicated technical instruments which require precise maintenance, there is no danger of contamination from the lubricant since it is a dry, processed gas. Leakage of conventional liquid lubricants may foul the entire system. This important advantage of air bearings is put to use in gyroscopes, in ballistic missiles and in machinery associated with nuclear projects. The first American satellite was guided into orbit by a gyroscope utilizing pressurized gas bearings.

"Some years ago a high-speed camera was required for NRC's plasma research and those that were available were elaborate and very expensive," says E.H. Dudgeon, of NRC's Gas Dynamics Laboratory. "Our laboratory designed and built a streak camera with gas bearings which allowed rotors to travel at speeds of up to 3,000 revolutions per second. This speed could be maintained indefinitely, without wear, and without danger of oil contamination of the film or optical surfaces. This was one of our first applications for air bearings. A model of this camera was licensed and built commercially. The Department of Energy, Mines and Resources, Queen's

University and the Division of Physics of NRC also built high-speed cameras with gas bearings following our design recommendations."

NRC's Division of Physics has employed many air pressured bearings in delicate photogrammetric machinery. In Lincap, a length measuring instrument developed by Dr. David Makow of the Division of Physics, four externally pressurized air bearings aid in precise measurement by providing friction-free sliding elements. Over a range of more than 20 centimetres, Lincap has an accuracy of better than one micrometre. The moving elements of the Lincap do not touch the stationary parts and, therefore, there is no wear.

Dr. I.R.G. Lowe of the Gas Dynamics Laboratory says to get the best advantage of air bearing technology, the air bearings must be an integral part of the design right from the beginning. The laboratory is available to give information on gas bearings and advice on design to industry, but in order to be effective, gas bearings must be considered in the planning stages to avoid compromising the early design by later adaptations.

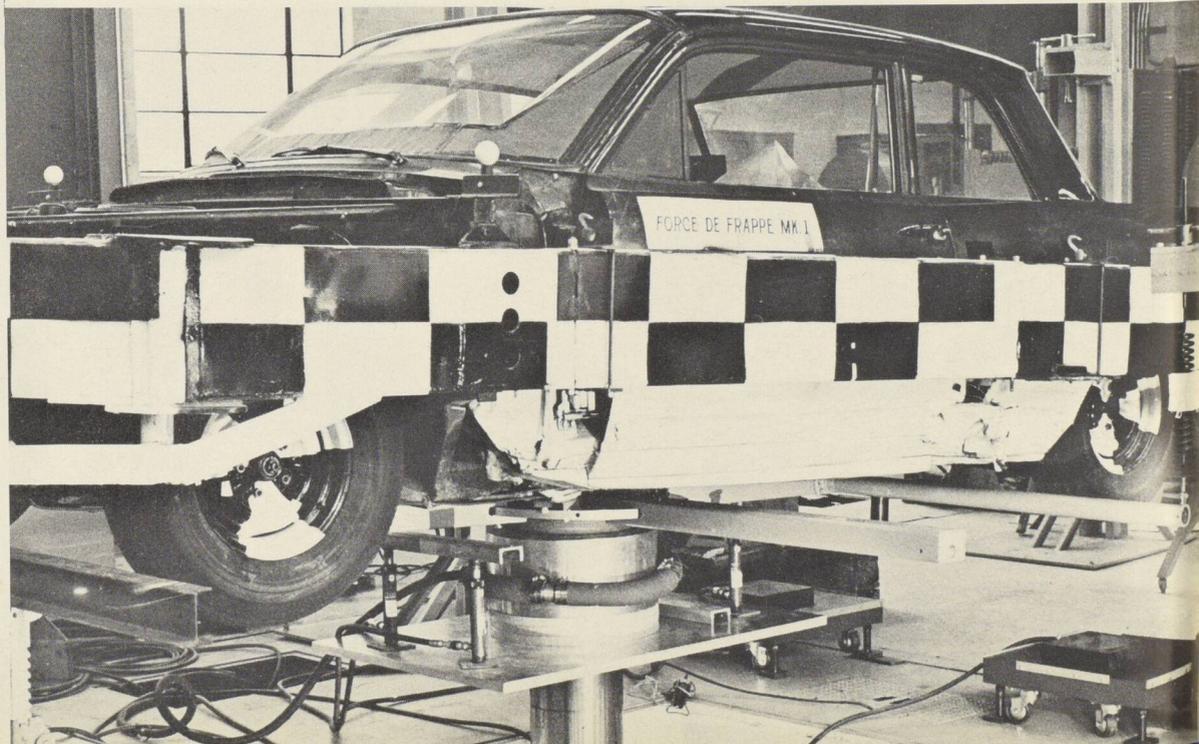
"The air lubricated bearing will not eliminate the conventional oil-lubricated bearing in the future but can provide clean, low friction, quiet operation in specific industrial applications," Mr. Dudgeon says. It is able to withstand temperature extremes and promises a long mechanical life in rotary or linear movements which must be performed to high standards of accuracy. However, air bearings must be chosen and designed with particular attention to the advantages which they offer." □ Donald Crockford

Opposite / Page de droite

E.H. Dudgeon holds one of the components of a gas bearing seal developed for compressors used by Eldorado Nuclear Limited, Port Hope, Ontario. • M. E.H. Dudgeon tient l'un des éléments d'un joint de roulement à air mis au point pour la compagnie Eldorado Nuclear Ltée de Port Hope, dans l'Ontario.

Below / Ci-dessous

Test car used by the National Aeronautical Establishment in crash barrier studies mounted on a hemispherical air bearing for moment of inertia measurement. • Voiture utilisée par l'Établissement aéronautique national pour faire des essais d'impact sur glissières d'autoroutes. La voiture est montée sur une rotule à air pour déterminer les moments d'inertie.



Roulements à gaz...

Les recherches actuelles se rapportent tout d'abord aux problèmes liés à la conception et à l'étude de roulements à air comprimé. On a étudié des paliers et des roulements à butées de différentes configurations. Des roulements à surface relativement élastique et des joints à gaz hydrostatiques pour compresseurs font l'objet d'études spéciales. On étudie également de petits orifices ou "restricteurs" qui permettent au gaz d'entrer dans le roulement car certains types d'orifices rendent le roulement instable du fait de leur géométrie. Les résultats de ces recherches ont déjà fait l'objet de plusieurs rapports de la division.

Les roulements à gaz seront toujours plus volumineux que ceux qui sont lubrifiés à l'huile. C'est une des raisons pour lesquelles leur utilisation industrielle sera limitée mais, au fur et à mesure que les performances recherchées impliqueront de plus grandes vitesses de rotation et de plus grandes puissances sous un plus faible volume, les avantages spéciaux des roulements à gaz rendront ces derniers concurrents s'il s'agit de machines où le frottement doit être très faible durant les rotations.

D'autres avantages des roulements à gaz sur les roulements traditionnels apparaissent aux très basses et aux très hautes températures. En effet, les lubrifiants gazeux ne changent pas de composition comme les lubrifiants traditionnels; ils ne fondent pas, ne gèlent pas, ne se vaporisent pas, ne brûlent pas et ne se décomposent pas dans la gamme des températures utilisées en service industriel.

Les roulements à gaz sont propres. Lorsqu'on les utilise dans des instruments extrêmement compliqués et nécessitant un entretien délicat, il n'y a pas de danger de contamination puisque le gaz utilisé est sec et propre. Dans certains cas, les fuites de lubrifiants liquides habituels peuvent bloquer le système entier. On voit donc que les roulements à gaz sont intéressants pour les gyroscopes à bord d'engins balistiques et pour des machines employées dans les installations nucléaires. Le premier satellite américain a été mis en orbite grâce aux références fournies par un gyroscope utilisant des roulements à gaz sous pression.

"Il y a quelques années, une caméra à grande vitesse était nécessaire pour que les chercheurs du CNRC travaillant sur les plasmas puissent filmer les phénomènes intéressants; les caméras dont on disposait alors étaient très compliquées et très

coûteuses. Notre laboratoire a conçu et construit une caméra strioscopique à roulements à gaz grâce auxquels les rotors ont pu tourner à 3 000 tours par seconde indéfiniment, sans usure des paliers et sans danger de contamination du film et des surfaces optiques par l'huile. Cette caméra a été une de nos premières applications des roulements à air. Un modèle a fait l'objet d'un accord de licence et il est construit commercialement. Le Ministère de l'énergie, des mines et des ressources, l'Université Queen's et la Division de physique du CNRC ont également construit des caméras à grande vitesse équipées de roulements à gaz en suivant nos recommandations techniques," nous a dit M. E.H. Dudgeon, du Laboratoire de la dynamique des gaz du CNRC.

La Division de physique du CNRC s'est servie de très nombreux roulements à air sous pression pour équiper de délicats appareils de photogrammétrie. Dans le Lincap, instrument de mesure des longueurs mis au point par le Dr David Makow, on utilise quatre roulements à air sous pression pour avoir un glissement sans frottement ni usure et, de ce fait, une mesure précise. Ce Lincap a une précision supérieure à un micromètre pour les mesures allant de 0 à 20 centimètres au moins.

Le Dr I.R.G. Lowe, du Laboratoire de dynamique des gaz, a étudié le potentiel des roulements à air hydrostatiques à surface élastique. Il nous a dit: "Pour tirer le meilleur parti de la technique des roulements à air, ces derniers doivent être considérés comme partie intégrante de l'ensemble dès le début de l'étude. Nous pouvons donner des renseignements sur les roulements à gaz et des conseils aux bureaux d'études industrielles mais, pour être efficaces, je répète que ces roulements doivent être prévus dès le début des études si l'on veut éviter des difficultés par la suite en cherchant à faire des adaptations".

M. Dudgeon nous a dit: "Les roulements lubrifiés par air n'élimineront pas les roulements traditionnels lubrifiés à l'huile; ils peuvent fournir, dans certaines applications industrielles particulières, des roulements propres, à faible frottement et silencieux. Ils peuvent fonctionner aux températures extrêmes et leur endurance peut être très grande dans le cas de translations et de rotations de haute précision. Cependant, on ne doit les choisir qu'en fonction des avantages qu'ils peuvent donner dans tel ou tel cas particulier". □



NRC helps industry and universities in powder metallurgy research

Records of powder metallurgy processing date back about a thousand years, when high quality swords were made of sponge iron powder. Since that time the growth of powder processing was gradual until the early 1960's. In the period 1960 to 1970, annual world sales of metal powders increased five-fold and today many familiar items, particularly in the automotive and appliance industries, are made from metal powders. They range from porous bearings and filters to tungsten filaments for electric lightbulbs.

Traditionally, powder metallurgy processing has been employed to lower production costs by minimizing machining operations and material losses. However, there are continuing demands for homogeneity in alloys to ensure uniformity and reliability of mechanical properties in many high-strength and low-weight engineering components. These demands have added new impetus to the development of powder metallurgy techniques.

For example, the segregation of alloying elements that occurs when molten ingots solidify must normally be eliminated by combinations of hot-working and annealing treatments. For heavily alloyed materials, these operations may be difficult to perform, time consuming and expensive. Many of the nickel-base superalloys which are the work-horse materials in advanced gas turbine engines are extremely resistant to forging deformation. Moreover, they can only be worked within narrow temperature ranges and they suffer from brittleness at such temperatures. More heavily alloyed materials cannot be hot-worked by conventional means and must be formed directly from molten metals by precision casting techniques.

These problems of alloy segregation and poor workability can be overcome by converting the molten alloy to powder by atomization. Atomized particles solidify rapidly and this effectively eliminates segregation. The segregation which does occur is confined within each powder particle.

In the Structures and Materials Laboratory of the National Aeronautical Establishment of the National Research Council of Canada, metallurgists and engineers have been working in collaboration with industry and universities to develop procedures for working with powdered metals. Much of their work is concerned with the development of materials for use in the hot section of gas turbine engines. Dr. William Wallace is involved in a project for consolidating high-strength nickel-base superalloy powders to produce compacted masses (compacts) close to the shape of a final component. The process involves pressing the powder at high temperature, with pressure exerted equally from all sides (hot isostatic pressing).

"In this process," says Dr. Wallace, "metal powders are sealed inside a protective container and heated to high temperature within a gas filled pressure vessel. By controlling the time-temperature-pressure conditions of the pressing operations, compacts having a wide variety of microstructures can be produced from a given alloy powder. Very fine grained and fully dense compacts can be produced from casting type alloys that have good mechanical properties and excellent hot working characteristics and therefore complex shapes can be produced from them quite easily by standard forging techniques. Thus, wrought components such as turbine discs can be produced from alloy compositions that have hitherto been impossible to work."

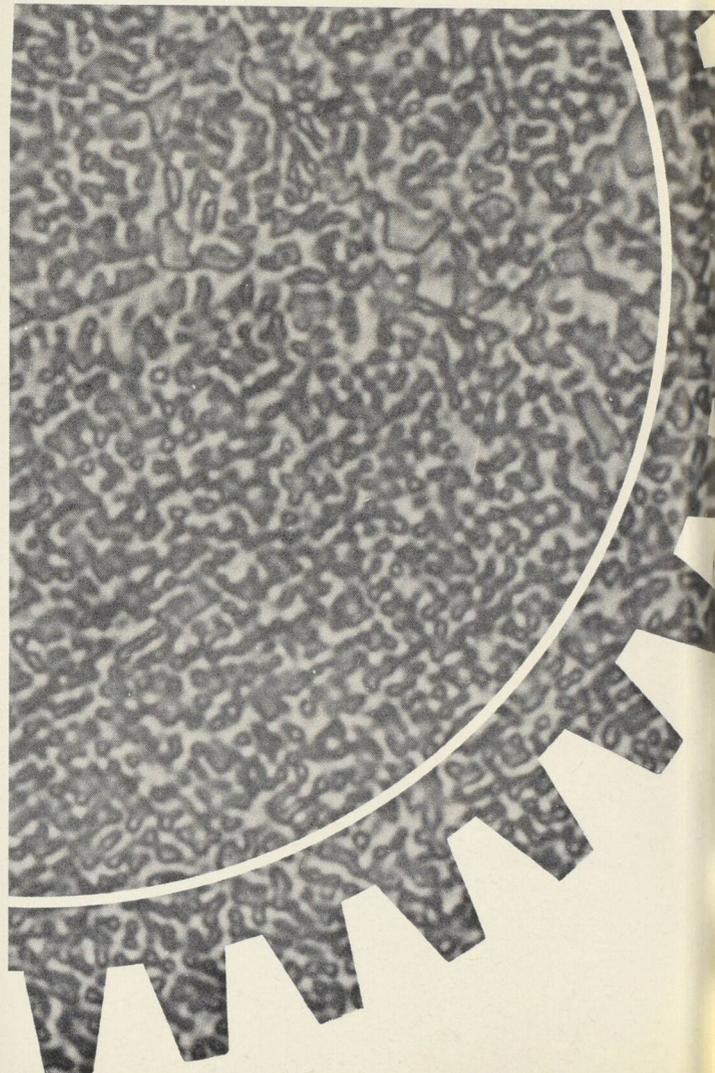
Components operating at extremely high temperatures, such as turbine blades, must be made from materials which have extremely large grain size in order to achieve adequate high-temperature creep strengths (resistance to fracture). These components are normally produced by precision casting tech-

niques since coarse grained microstructures are formed automatically during the solidification process. However, this process is difficult to control, large variations in grain size can occur even in quite small parts, heavy segregation of alloying elements can occur to form brittle phases and pores can occur as a result of shrinkage of the metal during solidification.

In principle some of these problems might be solved by powder techniques. However, obtaining the grain sizes in powder compacts that are necessary for high temperature creep strength has been extremely difficult because the powder particles are small, with each particle having its own internal grain structure. Since these alloys are designed to operate at high temperatures without excessive microstructural

The microstructure of a heavily alloyed cast nickel-base superalloy depicted in the smaller gear shows the coarse solidification products formed as a result of the segregation of alloying elements during the freezing of the molten alloy. • Microstructure d'un superalliage coulé, à base de nickel et fortement allié, mettant en évidence des produits à gros grains donnés par ségrégation durant le refroidissement après coulée.

The structure of a similar nickel-base superalloy produced by hot-isostatic compaction of pre-alloyed powders is seen in the larger gear. Note the uniform microstructure of fine precipitate particles. • Superalliage semblable obtenu par compression isostatique à chaud de poudres pré-alliées et mettant en évidence une microstructure fine et uniforme.



L'aide du CNRC en métallurgie des poudres

Il y a mille ans environ, on s'intéressait déjà à la métallurgie des poudres puisque l'on fabriquait des épées de grande qualité en se servant de poudres de fer spongieux. Depuis cette époque, les procédés de traitement des poudres se sont développés graduellement jusqu'au début des années 1960. Entre 1960 et 1970, les ventes annuelles de poudres métalliques dans le monde ont augmenté de cinq fois et, aujourd'hui, bien des produits qui nous sont familiers, particulièrement dans l'industrie automobile et celle des articles divers, sont fabriqués en partant de poudres métalliques. Ils vont des roulements poreux et des filtres aux filaments de tungstène de nos ampoules électriques.

Jusqu'à ces derniers temps on s'est servi des poudres pour diminuer les coûts de production en réduisant au minimum l'usinage et les pertes en métal mais, de nos jours, on demande de plus en plus d'alliages homogènes, c'est-à-dire à propriétés mécaniques uniformes et sûres, pour faire de nombreuses composantes de faible poids et de grande résistance. C'est là l'origine d'un regain d'intérêt pour les techniques de la métallurgie des poudres.

En métallurgie classique, les métaux constituant l'alliage tendent à se séparer durant la solidification; c'est ce qu'on appelle la ségrégation. Pour en éliminer les effets, il faut que l'alliage soit travaillé à chaud et recuit. Dans le cas d'alliages comportant beaucoup de corps différents à des pourcentages élevés ces opérations peuvent être difficiles à exécuter, fort coûteuses et prendre beaucoup de temps. De nombreux superalliages à base de nickel, essentiels pour fabriquer des turbines à gaz de haut rendement, sont extrêmement difficiles à forger. D'autre part, on ne peut les travailler que dans une gamme de températures très étroite

et ils sont cassants. Des matériaux faits d'alliages beaucoup plus évolués ne peuvent être travaillés à chaud par les méthodes traditionnelles et doivent être coulés avec précision pour donner directement les composantes recherchées.

Ces problèmes de ségrégation des alliages et les difficultés à les travailler peuvent être évités si l'on transforme l'alliage en poudre par pulvérisation en phase liquide. Les fines gouttelettes obtenues se solidifient rapidement et l'on évite ainsi la ségrégation au sein de la masse métallique puisque cette ségrégation ne se produit qu'au sein de chaque gouttelette solidifiée.

Au Laboratoire des structures et des matériaux de l'Établissement aéronautique national du Conseil national de recherches du Canada, les métallurgistes et les ingénieurs spécialisés ont travaillé en collaboration avec des industriels et des universités pour mettre au point des procédés de travail des poudres métalliques. La plupart de leurs travaux se rapportent au développement de matériaux devant servir dans les parties chaudes des turbines à gaz. Le Dr William Wallace étudie les moyens de fabriquer directement des composantes en partant de poudres de superalliages à base de nickel et de grande résistance et ne nécessitant que peu de travail pour obtenir la forme finale. Il s'agit de comprimer les poudres à haute température en s'assurant que la pression exercée sur toutes les faces soit la même.

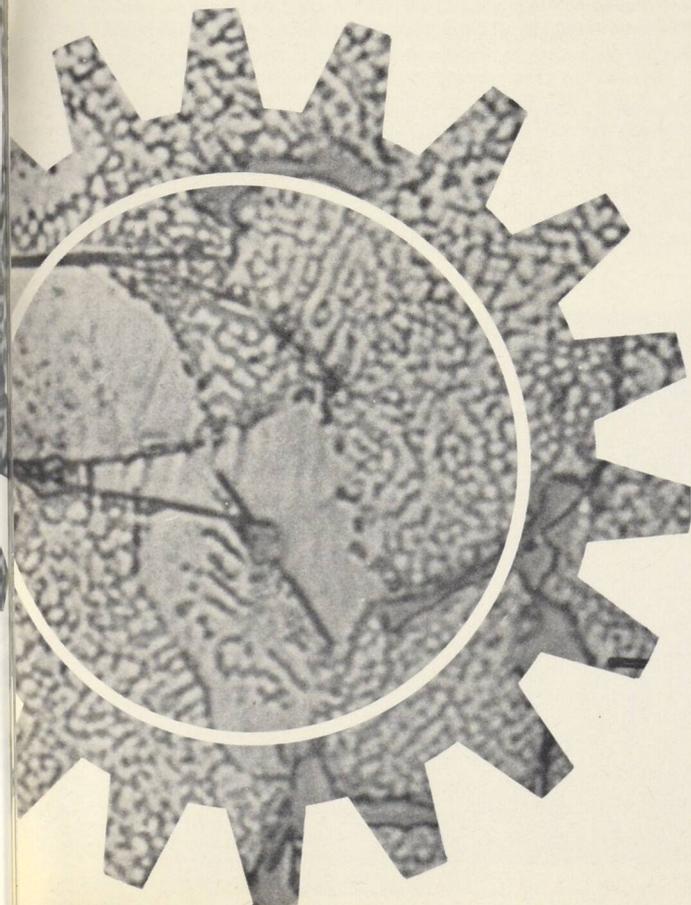
Il nous a dit: "Dans ce procédé, les poudres métalliques sont placées dans une enceinte protectrice et chauffées à haute température dans un four à atmosphère et à pression contrôlées. En partant d'une poudre donnée, on obtient des microstructures différentes suivant la température, la pression et la durée du traitement. Des blocs à grains très fins et très denses peuvent être produits en partant d'alliages habituellement coulés et garder de bonnes propriétés mécaniques et d'excellentes caractéristiques de travail à chaud ce qui permet d'obtenir des formes complexes très facilement par forgeage. Ainsi, des composantes comme les disques de turbines peuvent être obtenues en partant d'alliages que l'on n'avait pas pu travailler jusqu'à maintenant en raison de leur composition".

Les composantes travaillant à des températures extrêmement élevées, comme les aubes de turbines, doivent être faites en matériaux à grains extrêmement grands si l'on veut avoir une bonne résistance au fluage. Ces composantes sont normalement obtenues par coulage de précision puisque les microstructures à gros grains se forment automatiquement durant la solidification. Toutefois, cette méthode est d'un contrôle difficile et les dimensions des grains varient beaucoup même dans de petites composantes; une forte ségrégation des éléments peut se produire et donner des phases cassantes et des pores du fait du retrait durant la solidification.

En principe, certains de ces problèmes peuvent être résolus par l'utilisation des poudres. Toutefois, il a été extrêmement difficile d'obtenir des blocs de frittés à gros grains car les particules constituant la poudre sont petites et ont leurs grains propres. Comme ces alliages doivent être utilisés à haute température sans changement excessif de leur microstructure, les blocs de frittés présentent une résistance au développement des grains.

Toutefois, le Laboratoire des structures et des matériaux du CNRC a mis au point une technique grâce à laquelle des pièces ayant une microstructure à gros grains peuvent être obtenues directement en partant de poudres d'alliages soumises à une pression isostatique à chaud.

Au laboratoire, on étudie également le forgeage à froid et



Powder Metallurgy

change, the powder compacts are inherently resistant to grain growth treatment operations.

However, the Structures and Materials Laboratory of NRC has developed a technique whereby alloys having coarse grained microstructures can be produced directly from pre-alloyed powders by a simple hot isostatic pressing operation.

The Laboratory is also investigating the application of high-pressure cold-forming operations to powder metallurgy processing. The object is to circumvent costly vacuum canning operations or the stringent requirements for controlled furnace atmospheres that are needed to prevent excessive oxidation of powder particle surfaces during high-temperature processing. The work is being supported jointly by NAE and the Department of Mechanical Engineering of McMaster University. The principal investigator is Roy Hewitt, a graduate student from McMaster who is working with Dr. Wallace. The project was initiated by Dr. M.C. de Malherbe, Professor in the Department of Mechanical Engineering at McMaster.

Two important high-pressure metal forming techniques have been combined in this work. The first is cold isostatic pressing in which the metal powder is compacted by a pressurized fluid. Since the process is carried out at room temperature, much higher pressures are used than for hot isostatic pressing.

The second process is hydrostatic extrusion, in which a high fluid pressure is used to force a solid metal billet through a die. This new metal working process has attracted much interest since the frictional force which acts between the billet and the extrusion container in conventional extrusion no longer exists. For hydrostatic extrusion the billet is supported on all sides by the pressurized fluid; therefore it does not touch the walls of the container and therefore lower extrusion forces are required and more uniform plastic deformation is achieved in the product. It also is possible to cold extrude quite brittle materials such as beryllium, molybdenum and even cast iron to produce sound products.

The high-pressure equipment built at NRC allows the two processes of isostatic compaction and hydrostatic extrusion to be performed in one apparatus. The work has shown that cold compacted metal powders can be consolidated by hydrostatic extrusion to produce sound products without any intermediate sintering (diffusion bonding) treatment. For example, bar stock produced by hydrostatically extruding aluminum powder through an extrusion ratio of 6.2 (ratio of the original cross sectional area of the billet to that of the product) has produced tensile strengths 20 per cent higher than those obtained from cast aluminum hydrostatically extruded at much higher extrusion ratios (about 100). This is because strain hardening (the increasing resistance to plastic deformation which occurs during cold forming operations) that is developed during compaction is lost during a normal sintering treatment but when the compact is consolidated by hydrostatic extrusion the strain hardening properties are retained and even enhanced.

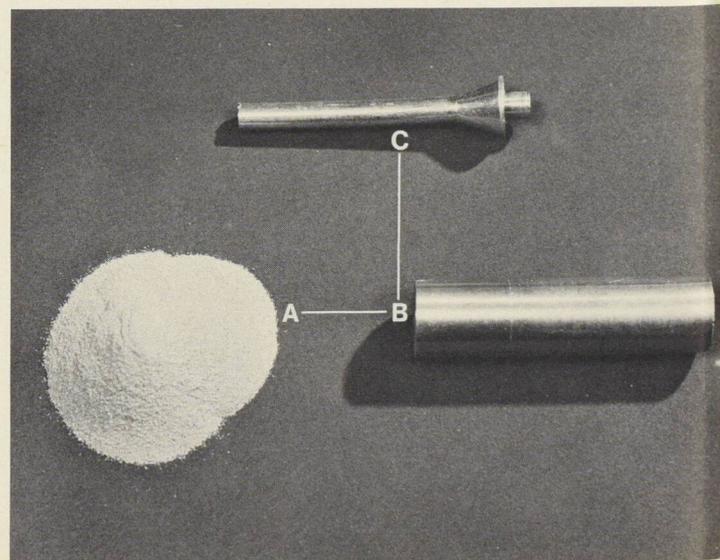
The interesting aspect of this work is that it has demonstrated that high-temperature sintering treatments are not necessary for consolidating metal powders; this consolidation can also be achieved by mechanical means wherein the bonding between particles occurs by frictional welding.

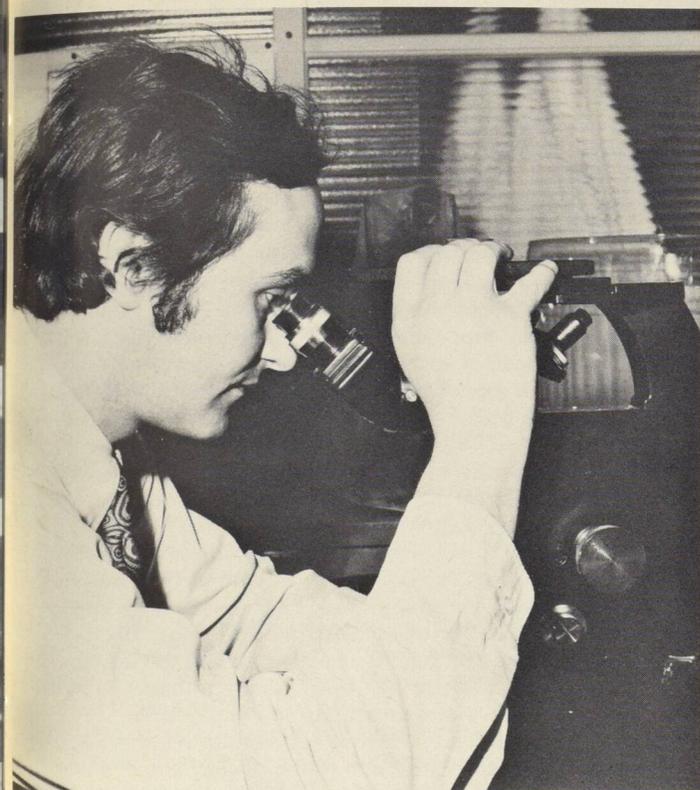
The main requirement for full consolidation of metal powders by this technique is a high extrusion ratio which necessitates the use of high forming pressures. This problem is of particular importance for high-strength metal powders. The need for high pressures will probably be the main difficulty with the commercial exploitation of this type of powder processing. However, Dr. Wallace expects that the two processes of high-pressure isostatic compaction and hydrostatic extrusion used in conjunction with intermediate sintering treatments will prove useful for forming brittle refractory metals and possibly for intermetallic compounds. □ Earl Maser



Dr. Roy Hewitt, a post-doctoral fellow of the Department of Mechanical Engineering, McMaster University, attaches piston to a high-pressure cold-isostatic compaction and hydrostatic extrusion apparatus. Pressures up to 250,000 pounds per square inch can be developed from the compaction and extrusion of metal powders. • Le Dr Roy Hewitt, boursier post-doctorat du Département de génie mécanique de l'Université McMaster, attache le piston d'une presse dont la pression peut atteindre 250 000 livres par pouce carré et servant au frittage et au filage en compression iso et hydrostatique à froid.

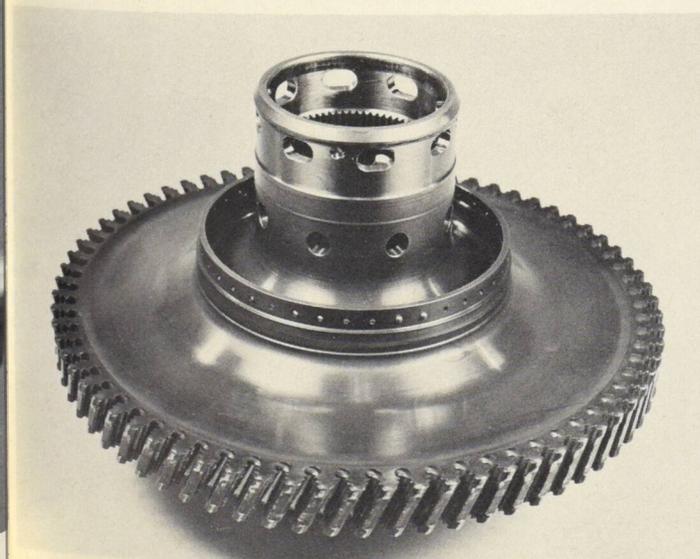
High pressure can be used to convert metal powders (A) to compacted billets (B) which can then be consolidated by hydrostatic extrusion to produce bar stock (C) having greater strength than similar cast and wrought (extruded) material. • Il est possible d'utiliser des hautes pressions pour convertir des poudres de métaux (A) en lopins compacts (B) qui peuvent alors être consolidés par extrusion hydrostatique pour prendre finalement la forme de barres (C) plus résistantes que celles qui sont moulées ou extrudées.





Dr. William Wallace of the National Aeronautical Establishment examines the microstructures of powder fabricated nickel-base superalloys. • Le Dr William Wallace, de l'Établissement aéronautique national, examine les microstructures de superalliages frittés à base de nickel.

Turbine disc forging in the form of the high compressor disc of the JT-15D aircraft gas turbine engine. The disc, made by United Aircraft of Canada Limited in collaboration with Pratt-Whitney Aircraft, was produced from a hot-isostatically pressed astroloy powder preform by a single-stage forging operation followed by machining. The disc could not be produced from ingot material because of the high strength and high alloy content of astroloy. • Disque de turbine, ou voile, semblable à celui du premier étage de la turbine du turbo-réacteur JT-15D. Produit par United Aircraft of Canada en collaboration avec Pratt et Whitney, ce disque est obtenu par compression isostatique à chaud de poudres astroloy, suivie d'un forgeage en une seule opération et d'un usinage. Ce disque n'aurait pas pu être fabriqué par les méthodes habituelles en raison de sa forte résistance et de sa haute teneur.



à haute pression des poudres métalliques. Il s'agit d'essayer d'éliminer les différentes opérations fort coûteuses de mise sous vide et les conditions sévères imposées par les atmosphères contrôlées nécessaires pour éviter l'oxydation excessive des surfaces des poudres durant les traitements à haute température. Ces recherches sont faites conjointement par l'Établissement aéronautique national et le Département de génie mécanique de l'Université McMaster. Les principaux ingénieurs de recherche sont M. Roy Hewitt, étudiant diplômé de l'Université McMaster, qui travaille avec le Dr Wallace et le Dr M.C. de Malherbe qui a lancé l'étude et qui est professeur au Département de génie mécanique de cette université.

Au cours de ces travaux, on a combiné deux techniques importantes de forgeage à haute pression. La première consiste à appliquer cette pression isostatique à froid sur les poudres par l'intermédiaire d'un fluide. Puisque le traitement se fait à la température ambiante, on se sert de pressions beaucoup plus élevées qu'à chaud.

La deuxième technique consiste en une extrusion hydrostatique où l'on utilise un fluide à haute pression pour pousser le lopin dans une filière. Ce nouveau procédé a attiré l'attention de nombreux spécialistes car le frottement, qui se produit normalement entre les parois longitudinales du lopin et celles de la filière, n'existe plus du fait que le fluide sous pression sépare ces parois et empêche tout contact. Ainsi les forces d'extrusion sont plus faibles et l'on obtient un écoulement plastique plus uniforme. Il est également possible d'appliquer ce procédé à des matériaux très cassants comme le béryllium, le molybdène et même la fonte.

L'équipement construit au CNRC pour avoir ces hautes pressions permet de fritter et de filer en compression iso et hydrostatique. Les travaux ont montré que les poudres métalliques comprimées à froid peuvent être consolidées par une extrusion hydrostatique donnant de bons produits sans avoir à passer par l'étape intermédiaire du frittage c'est-à-dire d'une liaison par diffusion. Ainsi, par exemple, des barres obtenues par l'extrusion hydrostatique de poudres d'aluminium dans un rapport d'extrusion de 6.2 (c'est-à-dire que l'aire de la section transversale du lopin est 6.2 fois plus grande que celle du produit fini) ont une résistance en traction supérieure de 20% à celle de barres obtenues par extrusion hydrostatique d'aluminium coulé avec un rapport d'extrusion d'environ 100. Ces résultats sont obtenus du fait qu'il y a augmentation de la résistance par durcissement lors de la déformation plastique durant le formage à froid. Ce durcissement disparaît lors d'un frittage normal alors qu'il est même renforcé par l'extrusion hydrostatique.

Un aspect intéressant de ces travaux se trouve dans le fait que l'on a ainsi démontré que le frittage habituel à haute température n'est pas nécessaire pour consolider les poudres métalliques, consolidation que l'on peut également obtenir en utilisant des moyens mécaniques grâce auxquels les grains de poudre se soudent entre eux par frottement.

La condition principale à satisfaire pour avoir une bonne consolidation des poudres métalliques au moyen de cette technique est un rapport d'extrusion élevé qu'il n'est possible d'atteindre que si l'on dispose de pressions élevées. Ce problème est d'importance particulière pour les poudres métalliques à haute résistance. L'exploitation commerciale de ce type de traitement des poudres sera probablement gênée par la nécessité de disposer de ces pressions élevées. Toutefois, le Dr Wallace s'attend à ce que les deux procédés de compression isostatique à haute pression et d'extrusion hydrostatique utilisés en conjonction avec des frittages intermédiaires seront utiles pour forger des métaux réfractaires cassants et peut être aussi pour les composés intermétalliques. □

Computer assists NRC scientists in evaluating driver performance

Each year in Canada over seven million licensed drivers and more than two million with chauffeur's licences drive more than nine million passenger cars, commercial vehicles and motorcycles — almost one vehicle for every two people in Canada. They drive an estimated total of 80,000 million miles over one-half million miles of roads. And during this time they have almost 500,000 road accidents, almost one accident per mile of road. Of these accidents, nearly 120,000 result in injuries and over 4,000 involve fatalities.

Research at the National Research Council of Canada is reflecting the very prominent role which the motor vehicle plays in Canadian life — and the hazard which it can represent. Several aspects of motor vehicle safety are currently being studied in Council laboratories. These include investigations into the characteristics of automobile headlights and into safety barriers, their design and effect. One other facet of NRC research, concerns the men and women at the wheel. It takes a statistical look at the oft-discussed question: what characterizes a good driver?

Research into this aspect of automobile safety is currently being conducted by the Structures and Materials Laboratory of NRC's National Aeronautical Establishment. It focusses on the interaction between driver and automobile in live highway traffic.

The ultimate aim is to shed light on how best to appraise driver performance under various road and traffic conditions. To this end, for example, the laboratory hopes to evaluate the effects of headlamps system characteristics on performance of the driving task at night.

"Skill in driving is related to smoothness of control and co-ordination of the various controls," says Alison Smiley who is directing this work. "Moreover, it can be said of most tasks that a skilled person uses fewer motions and is more consistent than an unskilled person."

While American researchers have been concentrating more on a number of driver actions as a measurement of driving skill, English and Australian researchers have been looking at consistency of pattern as a criterion. Their results have indicated that it may be possible to correlate a consistent driving pattern with driver experience and proficiency. A driver whose pattern is inconsistent with his level of experience might then be found to be a "below average" and less skillful driver. In fact, one American researcher claims to be able to separate high accident drivers from average drivers on the basis of their pattern alone.

"In our case, all the drivers being tested with the instrumented vehicle are 'good' drivers in the sense that they have had no accidents and no obvious flaws in their driving," Miss Smiley says. "Yet they vary tremendously in their number of driver actions (i.e. number of brake applications, etc.). All this points to the need to examine the consistency of their driving patterns as a basis for predicting their experience level.

"We want to evaluate just how effective a consistent driving pattern is as a criterion for driver performance. Our ultimate goal is to increase automobile safety through the objective and accurate measurement of driving behavior and a sound understanding of the factors that effect driving behavior.

The NRC experiments involve making very precise measurements of vehicle motions without affecting the driver's performance. This necessitates an instrumented vehicle capable of automatically recording time, vehicle speed, distance travelled, steering wheel position, accelerator position and several other parameters with the driver being unaware of the equipment. From the driver's seat the car is entirely normal with V-8 engine, power steering and brakes,

radio and several other common options. The springs and shock absorbers have been altered to help offset any feeling that 500 pounds of additional equipment, including a small computer, are hidden in the trunk of the car.

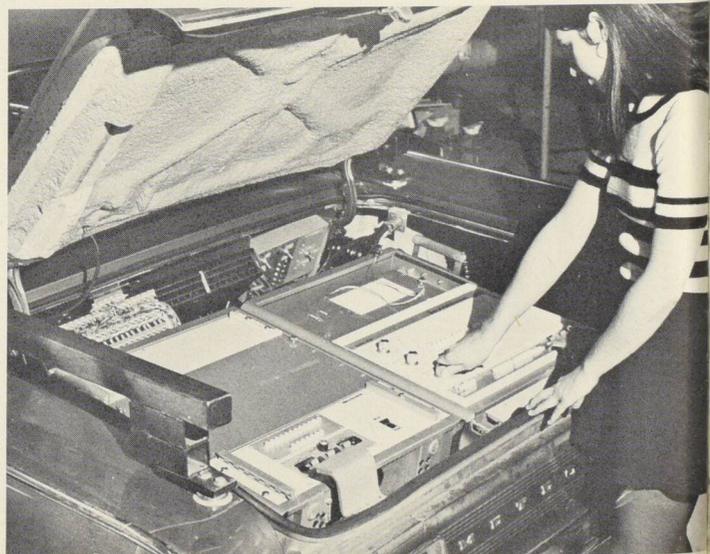
The instrumented car is driven from the Laboratory to a shopping center a few miles away. Total driving distance, made up of eight sections, is ten miles each way and driving time is about 35 minutes. The route, chosen for its variety, involves two-lane, four-lane and four-lane divided roads and, to study the effects of various traffic densities, tests are conducted in the morning, afternoon and evening. In all, each of the 12 drivers being tested drive the complete route nine times.

At present, for each of the eight sections of the route, data are being recorded by the computer for the number of accelerator reversals (the number of times that the accelerator pedal is depressed and released) per minute and per mile at five levels (going from one-tenth inch to one inch), for the same rates of steering wheel reversals at eight levels, extending from about one degree to 28.7 degrees, for the number of times the brakes are applied and for the average speed. An observer accompanies the driver to measure traffic densities and classify and count passing manoeuvres.

"It already has been found that accelerator reversals appear to be much more correlated with traffic density and flow than are steering wheel reversals," Miss Smiley says. "Although our results are not yet complete, even from preliminary data each driver seems to have a particular driving pattern based on the parameters we have studied. In fact, with a little practice one could probably identify the driver at the wheel just from the data.

"As we proceed with the analysis of the results, the driver's individualized pattern shows up, and from this perhaps an 'ideal' level of consistency within the driver's own individual pattern will emerge. Statistical understanding of this kind can provide a measuring tool that permits the car-driver combination to be used as a 'probe' for the evaluation of the individual effects of the many parameters of the traffic-road system that influence driver performance. Such information would be of long-term benefit to everybody with responsibility for road safety or for the creation of operational improvements in the total system."

□ Earl Maser.



Comment noter les conducteurs grâce à un ordinateur et au CNRC

Chaque année au Canada plus de sept millions de conducteurs et de deux millions de chauffeurs utilisent plus de neuf millions de voitures particulières, de véhicules commerciaux et de motocyclettes ce qui représente un véhicule pour deux personnes. Ils parcourent un total de 80 milliards de miles environ répartis sur plus d'un demi million de miles de route. On enregistre annuellement près de 500 000 accidents de la route soit une moyenne de un accident par mile. Sur ces accidents, plus de 4 000 sont mortels et 120 000 entraînent des blessures.

Les recherches faites au Conseil national de recherches du Canada mettent en relief le rôle important des véhicules dans la vie canadienne et les risques qui en découlent. Pour ces raisons, on étudie certains aspects de la sécurité routière comme les caractéristiques des phares d'automobiles et des glissières de sécurité et le comportement des conducteurs. Il est en effet intéressant de déterminer statistiquement ce qui distingue le bon conducteur du mauvais.

C'est surtout dans ce dernier domaine que le Laboratoire des structures et des matériaux de l'Établissement aéronautique national du CNRC fait des recherches. Il s'agit principalement d'étudier l'interaction entre l'automobile et le conducteur à l'oeuvre.

L'objectif est de trouver la meilleure méthode d'évaluation des performances du conducteur en fonction de la circulation et de l'état des routes. A cette fin, par exemple, on espère déterminer l'influence des caractéristiques des phares sur la conduite de nuit.

Mlle Alison Smiley qui dirige ces travaux, nous a dit: "Le conducteur habile n'a ni gestes brusques ni mouvements désordonnés. Comme la plupart des personnes très entraînées à faire un travail donné, il est économe de ses gestes et de ses mouvements et il est plus systématique."

Alors que les chercheurs américains ont insisté plus particulièrement sur un certain nombre d'actions pour évaluer l'habileté des chauffeurs, les chercheurs anglais et australiens se sont plutôt intéressés à la manière dont certaines actions se répètent. Les résultats ont montré qu'il peut être possible de corrélérer l'invariabilité des actions avec l'expérience et l'efficacité des conducteurs. Ainsi une personne qui ne conduit pas toujours de la même manière peut, malgré son expérience, être classée en-dessous de la moyenne. En fait, un chercheur américain pense être arrivé à pouvoir distinguer les conducteurs responsables de nombreux accidents des conducteurs moyens en se basant uniquement sur leur manière de conduire.

Mlle Smiley nous a dit: "Dans notre cas, tous les conducteurs cobayes sont de 'bons' conducteurs en ce sens qu'ils n'ont pas eu d'accidents et qu'ils ne font pas de fautes évidentes dans leur conduite; pourtant leurs manoeuvres varient beaucoup de l'un à l'autre c'est-à-dire que le nombre de coups de freins, par exemple, varie, etc. Tout ceci fait ressortir qu'il faut examiner le système de leur conduite afin de déterminer leur expérience".

"Nous voulons tout simplement déterminer si ce système de la conduite peut servir de base à des critères. Notre but ultime est d'augmenter la sécurité routière par des mesures objectives et précises du comportement des conducteurs et par une bonne compréhension des facteurs qui affectent ce comportement."

L'expérience du CNRC implique que l'on fasse des mesures très précises du mouvement du véhicule sans que le conducteur en soit influencé. Il faut donc disposer d'une voiture équipée d'instruments pouvant enregistrer automatiquement le temps, la vitesse, la distance parcourue, la position du volant, la position de l'accélérateur et d'autres paramètres sans que le conducteur ne le sache. Pour lui la voiture est absolument normale; elle est équipée d'un moteur V-8, de freins et d'une direction assistés, de la radio et d'autres accessoires courants. Les ressorts et les amortisseurs ont été modifiés pour que la personne au volant ne "sente" pas que la voiture est chargée de 500 livres d'instruments dont un petit ordinateur caché dans la malle arrière.

L'exercice consiste à aller du laboratoire à un centre d'achats à quelques miles de là. La distance totale de 10 miles dans chaque sens est divisée en huit sections; elle est parcourue en 35 minutes environ. L'itinéraire a été choisi en raison de sa variété; certaines parties sont à deux voies et d'autres à quatre voies, séparées ou non par paires, afin d'étudier l'influence des différentes intensités de circulation; les essais se font le matin, l'après-midi et le soir. Chacun des douze conducteurs cobayes a parcouru cet itinéraire neuf fois et tous ont été choisis parmi le personnel du CNRC.

Seulement deux considérations sont entrées en ligne de compte pour les choisir: disposer de conducteurs n'ayant jamais eu d'accidents et représentant la gamme d'expérience la plus grande possible et allant des "six mois" au "plus de cinquante ans", ces nombres de mois et d'années étant en fait obtenus en multipliant un certain facteur par le nombre d'années de conduite et par le nombre de miles couverts par année.

Si l'on se base sur l'évolution des primes d'assurance automobile dans le cas de conducteurs ayant au moins 25 ans, on trouve qu'il faut de neuf à dix ans pour que le conducteur soit vraiment bon; les membres du CNRC ayant participé à ces tests sont presque également répartis au-dessus et au-dessous de cet âge.

Actuellement, pour chacune des huit sections de l'itinéraire, les données enregistrées par l'ordinateur comportent le nombre de fois par minute et par mile que l'on a enfoncé ou libéré l'accélérateur; on utilise cinq niveaux différents allant du dixième de pouce à un pouce; on enregistre aussi le nombre de fois que l'on a utilisé le volant, à huit niveaux différents allant de un degré environ à 28.7 degrés, et le nombre de fois que l'on s'est servi des freins; la vitesse moyenne est aussi enregistrée. Un observateur accompagne le conducteur ou la conductrice pour évaluer l'intensité de la circulation et pour compter et classer les dépassements.

Mlle Smiley nous a encore dit: "On a déjà trouvé que l'utilisation de l'accélérateur est beaucoup plus corrélée avec l'intensité de la circulation que ne l'est l'utilisation du volant. Quoique nos résultats ne soient pas encore complets, il semble que chaque conducteur ait sa manière personnelle de conduire et que cette manière soit basée sur les paramètres que nous avons étudiés. En fait, avec un peu d'expérience il doit être possible d'identifier le conducteur au volant tout simplement en partant de ces données".

"Au fur et à mesure que nous analysons les résultats, la manière de conduire de chaque conducteur se dégage. Ainsi, on devrait disposer d'un outil pour mesurer l'influence de chacun des nombreux paramètres qui affectent la conduite. Ces données statistiques seraient extrêmement utiles à tous les responsables de la sécurité routière; elles permettraient également d'améliorer les véhicules et les infrastructures et de promouvoir de meilleures méthodes de conduite." □

Opposite / Page de gauche

Alison Smiley starting up computer for data collection prior to tests with NRC's instrumented vehicle. Tests are designed to appraise driver performance in highway traffic. • Mlle Alison Smiley met l'ordinateur en marche pour l'enregistrement des données durant le test.

Cover: Photograph taken at night in Montreal is a striking portrait of hydro-electric utilization as water, electric power and light are combined in the fountain of Place du Canada. The city, Hydro-Québec's largest customer, consumes millions of kilowatt hours daily, all transmitted on lines carrying up to 735,000 volts. The National Research Council is currently assisting the company in the design of a new generation of power lines capable of transmitting even higher voltages from a huge new power development still on the drawing board. Story on page 4. • Notre couverture: photographie prise Place du Canada, à Montréal, mettant en relief une combinaison harmonieuse des eaux, de la lumière et de l'électricité. Montréal, dont la consommation journalière se mesure en millions de kilowattheures, est le plus gros client de l'Hydro-Québec qui utilise des lignes à très haute tension atteignant 735 000 volts. Le CNRC aide cette compagnie à mettre au point des lignes où la tension sera encore plus élevée pour amener l'énergie électrique fournie par un ensemble hydro-électrique colossal toujours à l'étude. (article page 5)