

SCIENCE DIMENSION

975/2



National Research
Council Canada

Conseil national
de recherches Canada

SCIENCE DIMENSION

Vol. 7 No. 2, 1975

Contents/Sommaire

4	Flowing rock and molten metal	
	Roches et métaux en fusion	5
10	Sensitive clays	
	Les argiles sensibles	11
16	Launch into the cusp	
	Lancements dans le repli diurne	17
20	Energy conservation and building design	
	Pour économiser l'énergie	21
27	The astronomers' quest continues	
	Les astronomes continuent de chercher	27

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

Credits: page 3, Robert W. Smith Photography, Ottawa, Ont.; page 4, Atlantic Regional Laboratory, NRC; pages 10, 11 13 (top), 15, 20, 21, 22, 24, 25, Division of Building Research, NRC; page 12 (top), page 13 (bottom) Université Laval; page 14, Prof. André Loiselle, Montreal; pages 16-17 (color map), 18 (top right and bottom), 19, Space Research Facilities Branch, NRC; pages 16-17, 23 (diagrams), Miss C. Clyde, NRC; page 18 (top left), Northern Transportation Company; page 26 (portrait), Mr. Terry J. Killeen, NRC; page 28, Bell Laboratories, New Jersey, U.S.A.; page 31 (contour map), Dr. Alan Bridle, Queen's University, Kingston, Ont.

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

Illustrations: page 3, de Robert W. Smith Photography, Ottawa, Ontario; page 4, du Laboratoire régional de l'Atlantique du CNRC; pages 10, 11, 13 (en haut), 15, 20, 21, 22, 24 et 25, de la Division des recherches en bâtiment du CNRC; page 12 (en haut), page 13 (en bas), de l'Université Laval; page 14, du Professeur André Loiselle, de Montréal; pages 16, 17 (carte en couleur), 18 (en haut à droite et en bas) et 19, de la Direction des installations de recherche spatiale du CNRC; pages 16, 17 et 23 (schémas), de Mlle C. Clyde, du CNRC; page 18 (en haut à gauche), de la Northern Transportation Company; page 26 (portrait), de M. Terry J. Killeen, du CNRC; page 28, des Bell Laboratories, New Jersey, U.S.A.; page 31, du Dr Alan Bridle, de l'Université Queen's, à Kingston, Ontario.

Managing Editor Loris Racine Directeur

Editor Joan Powers Rickerd Rédactrice-en-chef

French Texts Georges Desternes, Claude Devismes Textes français

Graphics-Production Robert Rickerd Arts graphiques-Production

Staff photographer Bruce Kane Photographe attaché à la Direction

Printed by Mortimer Imprimeur



E.W.R. STEACIE MEMORIAL FELLOWSHIP

Dr. W.G. Schneider (right), President of the National Research Council of Canada, congratulates Dr. David F. Strong, Acting Head of the Geology Department, Memorial University of Newfoundland, on having been awarded the E.W.R. Steacie Memorial Fellowship for 1975.

The Fellowship, awarded annually by NRC to an outstanding and promising university member 35 years of age or under, honors the memory of Dr. Steacie, President of NRC from 1952 to 1962. It is made in line with Dr. Steacie's life-long beliefs that fundamental research is essential to the development of science; that the individual is the vital cog; that the ideas of the individual are ultimately responsible for the important advances; that the promising young scientist is our greatest asset and that, for creative work in science, complete freedom is essential. Tenable over two years, the Fellowship is designed to permit the recipient to devote full time to research. Recipients receive their regular university salary which is paid by NRC.

Dr. Strong, the 11th winner of the award, is considered one of a handful of leaders in the attempt to establish a relation between the sites and formation of ore deposits and the theory of tectonic plates linked to continental drift. His main interest is in the geochemistry and petrology of volcanic rocks and ophiolite suites with particular emphasis on the genesis of metallic mineral deposits within them.

Recognition of the scientific merit of his work has included nomination as the Canadian representative to the International Decade of Ocean Exploration Conference on Seabed Assessment in Salzburg, Austria, in 1973; appointment as Associate Editor of the new "Geoscience Canada" journal; selection as one of the keynote speakers at the 1974 annual meeting of the American Institute of Mining and Metallurgy; and winning the Atlantic Provinces Interuniversity Committee on the Sciences Award (APICS) as the Outstanding Young Atlantic Scientist of 1974.

He has been instrumental in introducing two new geochemical courses at Memorial University, has been the spearhead behind a completely revised and integrated fourth year geology curriculum and has prepared and managed Canada's first off-campus television credit course in earth sciences.

BOURSE COMMÉMORATIVE E.W.R. STEACIE

Le Dr W.G. Schneider, Président du Conseil national de recherches du Canada, félicite le Dr David F. Strong (à gauche), assurant les fonctions de chef du Département de géologie à l'Université Memorial, à Terre-Neuve, d'avoir obtenu la Bourse commémorative E.W.R. Steacie 1975.

Cette bourse est accordée annuellement par le CNRC à un universitaire de grand avenir, de 35 ans au plus, en l'honneur du Dr Steacie, président du CNRC de 1952 à 1962. Elle reflète bien les idées du Dr Steacie qui, toute sa vie, a pensé que la recherche fondamentale est essentielle au développement des sciences, que c'est la personnalité des chercheurs et leurs idées qui sont à la base du progrès, que les chercheurs jeunes et brillants constituent notre plus grand actif et que, pour créer en science, une liberté totale est essentielle. Cette bourse, utilisable pendant deux ans, permet au récipiendaire de faire de la recherche à plein temps tout en percevant son salaire universitaire qui est alors payé par le CNRC.

Le Dr Strong, le onzième gagnant de la bourse, est considéré comme étant l'un des rares spécialistes essayant d'établir une relation entre les sites et la formation de minerais et la théorie de la tectonique en plaques liée à la dérive des continents. Il s'intéresse principalement à la géochimie et à la pétrologie des roches volcaniques et des ophiolites, ou serpentines.

Ses travaux scientifiques ont été reconnus puisque le Dr Strong a été nommé représentant canadien à la Conférence sur l'étude des fonds marins, dans le cadre de la Décennie internationale de l'exploration des océans, qui s'est tenue à Salzbourg, en Autriche, en 1973, "rédacteur associé" du nouveau journal "Geoscience Canada", sélectionné comme l'un des conférenciers principaux à l'assemblée annuelle de 1974 de l'"American Institute of Mining and Metallurgy" et gagnant du prix scientifique décerné par le Comité interuniversitaire des provinces de l'Atlantique à un scientifique jeune et remarquable de ces provinces en 1974.

Il a usé de sa grande influence pour créer deux cours de géochimie à l'Université Memorial, pour établir un programme complètement révisé des études de quatrième année de géologie et pour lancer le premier cours télévisé sur les sciences de la terre, donnant lieu à l'attribution de crédits.

NRC scientists study steelmaking chemistry

Flowing rock and molten metal

Imagine for a moment that you are a scientist investigating the chemistry of steelmaking, a process that takes place at temperatures above 1 500°C. Basically, your problem is one of temperature. The chemical reactions that you wish to study take place very rapidly as a consequence, and there is considerable difficulty maintaining the experiment in an uncontaminated condition since the molten materials you work with react with practically everything, even their containers. Sometimes they react with the atmosphere itself.

This means that you cannot use the standard array of probes found in a chemistry laboratory, such as pH meters, thermometers and conductivity meters, at least not in their conventional forms. Stirring rods of glass or steel will be useless. Instead, your laboratory will require special instrumentation, and techniques of analysis will have to be developed to circumvent the problem caused by the high temperatures. It will be an unusual facility, reflecting interests shared by only a small number of scientific and industrial laboratories in Canada.

Of these, one of the most innovative in approach and instrumentation is located at the National Research Council's Atlantic Regional Laboratory in Halifax, Nova Scotia.

Drs. Charles Masson and Stirling Whiteway of ARL's High Temperature Chemistry Section are looking at the steelmaking process on a range of levels, from a pure or fundamental research approach to applied investigations that have immediate practical benefits to the industry. In fact, according to Dr. Masson, Principal Research Officer and Head of the Section, the distinction between the two types of research disappears in many of their endeavors.

To appreciate the nature of the work done by the two

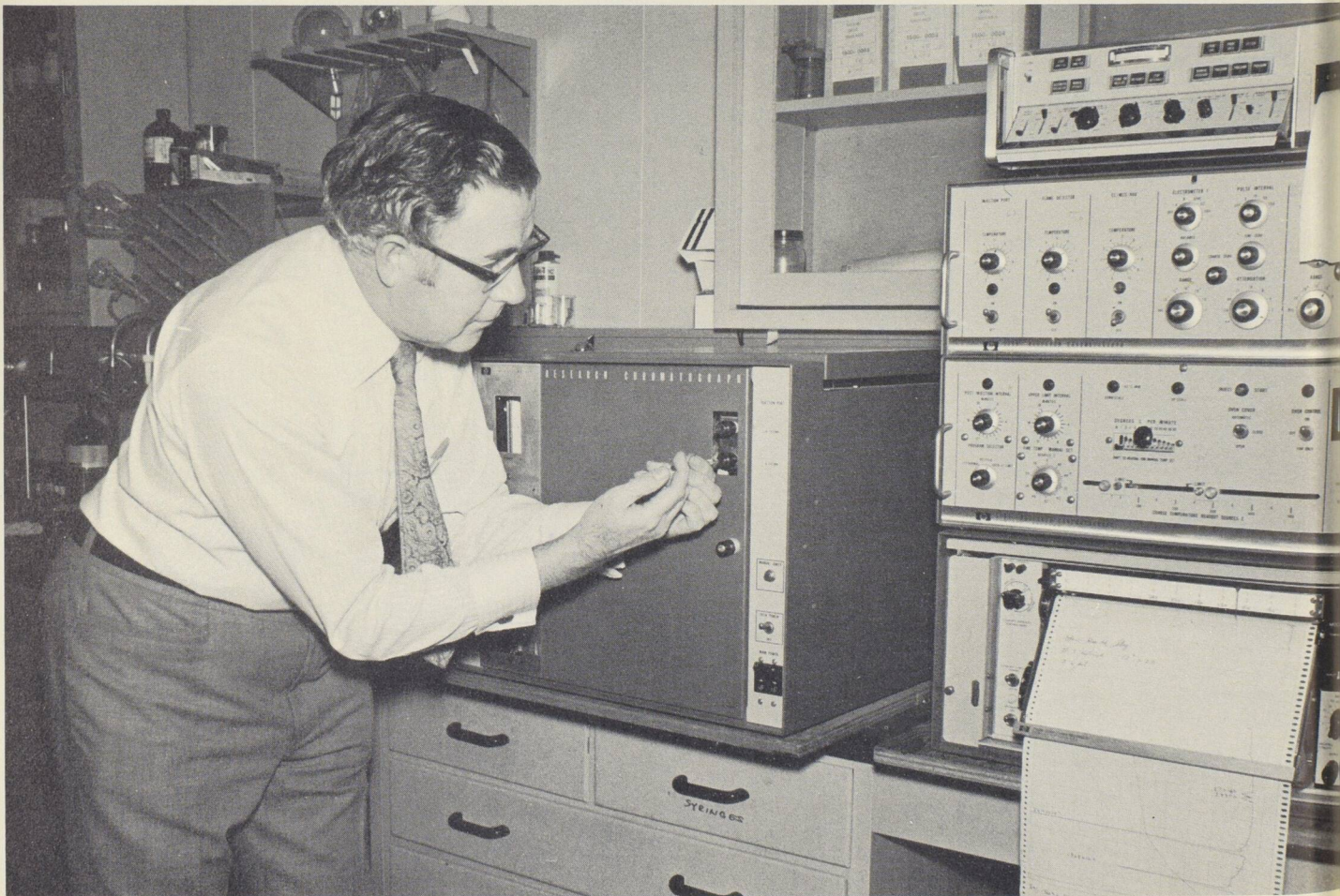
chemists, it is necessary to understand how the iron oxide in ore is converted into steel (basically a mix of iron and a small amount of carbon).

"Essentially there are two steps in the process," says Dr. Masson. "Coke is used to reduce iron oxide to the molten metal in a blast furnace, whereupon it is tapped off and refined, an oxidizing step that involves the removal of dissolved impurities and the setting of the carbon content to the level of the specified steel. In the 'open-hearth' refining method used by steelmakers in Nova Scotia, the impure metal is placed in a specially-designed furnace resembling a shallow bath and lime and iron oxide are dumped onto the liquid surface. The iron oxide is used here to oxidize the detrimental impurities (silicon and phosphorus coming from the ore and sulphur from the coke) which then interact with the lime to form a fluid overlayer of slag. The process is often supplemented by blowing oxygen directly onto the surface, a procedure used in other refining methods as the sole means of oxidation."

Under these conditions carbon is released from the metal as carbon monoxide gas, and silicon and phosphorus move into the slag as silicates and phosphates (all three elements have combined with oxygen, that is, they have been oxidized).

It is this refining or steelmaking step that occupies the attention of the Section, with Dr. Masson investigating the chemical reactions that occur between the metal and slag, and Dr. Whiteway the interaction between gases (such as oxygen and hydrogen) and the dissolved substances in molten iron.

"Slags, or 'melts' as they are often referred to, are extremely important to the refining process," says Dr. Masson. "This is exemplified by an old saying in the industry: 'take care of the



Le CNRC et la fabrication de l'acier

Roches et métaux en fusion

Imaginez que vous êtes ingénieur de recherche et que vous allez étudier, du point de vue chimique, la fabrication des aciers, c'est-à-dire des processus caractérisés par leurs températures supérieures à 1 500°C. Les réactions chimiques à étudier sont donc très rapides et de ce fait vous allez rencontrer de très grandes difficultés pour travailler en milieu non contaminé, d'autant plus que les matériaux en fusion réagissent avec tout ce qui les touche et même avec les parois des fours ou des creusets. Parfois même, ils réagissent avec les constituants de l'atmosphère.

En conséquence également vous ne pourrez pas utiliser les sondes traditionnelles des laboratoires de chimie comme les pH-mètres, les thermomètres et les conductimètres, tout au moins dans leurs formes habituelles. Les agitateurs de fluides, en verre ou en acier, deviendront aussi inutiles. Vous serez donc obligé de disposer d'instruments spéciaux et de techniques d'analyse permettant d'éviter les complications inhérentes aux températures élevées. Ce laboratoire où vous allez travailler sera inhabituel et il reflétera un intérêt qui ne sera partagé que par un petit nombre de laboratoires scientifiques et industriels du Canada.

Parmi ceux-ci, l'un des plus portés à l'innovation sur le plan des techniques et des instruments est le Laboratoire régional de l'Atlantique du Conseil national de recherches, à Halifax, en Nouvelle-Écosse.

Le Dr Charles Masson et le Dr Stirling Whiteway, de la section de chimie des hautes températures de ce laboratoire, étudient la fabrication des aciers depuis l'aspect le plus théorique jusqu'aux applications pouvant conduire à des avantages industriels immédiats. En fait, selon le Dr Masson, chercheur très

expérimenté et chef de la section, la distinction entre ces deux types de recherche est bien difficile à faire dans bien des cas.

Pour apprécier la nature du travail fait par ces deux chimistes, il faut d'abord comprendre comment l'oxyde de fer se trouvant dans les minerais est converti en acier, c'est-à-dire en un mélange de fer et d'un peu de carbone.

Le Dr Masson nous a dit: "Le traitement des minerais comprend deux étapes. La première consiste à réduire l'oxyde de fer à l'aide de coke dans un haut fourneau d'où l'on tire le métal en fusion. La deuxième consiste à affiner ce dernier, c'est-à-dire à extraire les impuretés qui y sont dissoutes et aussi à faire en sorte que le pourcentage de carbone en fin de traitement soit bien celui qui a été choisi. Si l'on utilise un four à sole pour l'affinage, comme c'est le cas en Nouvelle-Écosse, le métal impur est placé dans un four spécial ressemblant à un bac peu profond dans lequel on déverse de la chaux et de l'oxyde de fer. L'oxyde de fer est utilisé pour oxyder les impuretés comme le silicium et le phosphore, contenus dans les minerais et le soufre incorporé au coke; ces nouveaux oxydes entrent en réaction à leur tour avec la chaux pour donner des scories, ou laitiers, flottant à la surface du métal en fusion. Souvent, on souffle aussi de l'oxygène directement sur la surface du liquide pour activer l'oxydation. Parfois, ce soufflage est seul utilisé pour affiner le métal."

Le carbone est rejeté sous forme d'oxyde de carbone et le silicium et le phosphore apparaissent sous la forme de scories, ou de laitiers, constitués de silicates et de phosphates, c'est-à-dire de composés formés par la combinaison de l'oxygène avec le silicium et le phosphore.

C'est cette phase de l'affinage qui fait l'objet de l'attention

Left:

Gas chromatography is used by Dr. Charles Masson to separate silicate polymers of different sizes and shapes from steelmaking slags. Because these polymers are ionic (charged), they must first be "derivitized", or rendered neutral before injection into the gas chromatograph. As trimethylsilyl (TMS) derivatives, the silicate polymers can be separated and later identified by mass spectrometry. Using this procedure, Dr. Masson was able to verify his contention that silicates are present in molten slags as polymers.

A gauche:

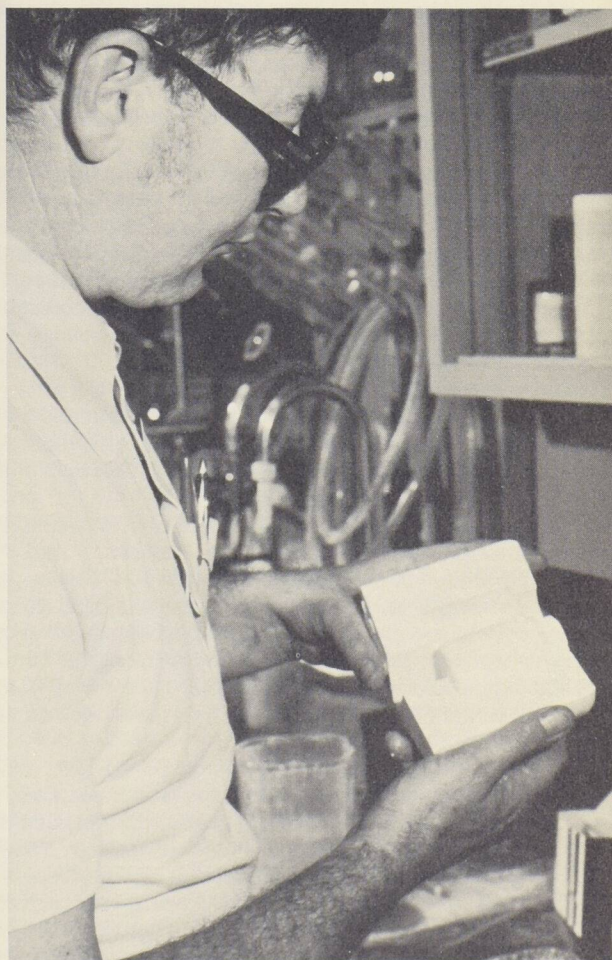
La chromatographie en phase gazeuse est utilisée par le Dr. Charles Masson pour séparer des polymères de silicate de dimensions et de formes différentes. Comme ces polymères sont chargés, ils doivent être neutralisés avant d'être injectés dans le chromatographe. Comme dérivés de triméthylsilyl (TMS), les polymères de silicate peuvent être séparés et, plus tard, identifiés au moyen de la spectrométrie. En utilisant ce procédé, le Dr Masson a pu vérifier que les silicates sont présents dans les scories en fusion sous la forme de polymères.

Right:

Dr. Stirling Whiteway examines a container made by "slip casting", a method used by the High Temperature Chemistry laboratory in making ceramic ware of low porosity. These refractory ceramics are cast out of alumina or magnesia, and are resistant to penetration and breakdown by hot metals and slags. Because slip casting is something of an art, the ARL presents periodic workshops on the technique for other scientists engaged in high temperature research.

A droite:

Le Dr Stirling Whiteway examine un récipient obtenu par moulage par glissement. Cette technique permet de faire des objets de céramique de faible porosité, en se servant l'alumine ou de magnésie, et qui résistent bien à la pénétration et au choc thermique aux températures élevées. Comme elle est, en quelque sorte, aussi un art les ingénieurs de recherche du LRA font des exposés périodiques à l'intention des autres scientifiques intéressés.



steelmaking chemistry

slag and the metal will take care of itself'.

"Our interests have been in determining the chemical constitution of slag when it reaches equilibrium with the molten metal, that point at which no further change takes place. Silicates make up the major part of slag, and much of our work has entailed describing the nature of these silicate ions."

Of theoretical interest has been the discovery by Dr. Masson of the polymeric nature of these silicates. Broadly speaking, they behave like the polymers of the silicate ion SiO_4^{4-} , existing in a spectrum of chain sizes and shapes. This discovery is consistent with silicon's chemical similarity to carbon, the element that forms the 'backbone' of many polymers in living systems such as proteins and carbohydrates.

Dr. Masson formulated the hypothesis on the basis of studies of simple two-component slags prepared in the laboratory, examples being ferrous oxide-silica, manganous oxide-silica, and cobalt oxide-silica.

The slags were brought into contact with metal, either in a crucible or in a device that suspends the metal in an electromagnetic field, and the concentrations of the ionic constituents calculated at the equilibrium point. Taking these results with those collected on similar systems by other scientists, Dr. Masson discovered that a single concept, that of the silicates existing in polymeric forms, could account for the observed nature of the systems.

For direct evidence that these silicate polymers were actually present, he modified and improved an existing technique that permitted identification of the polymeric forms by conventional methods of molecular analysis. This involved the masking of highly reactive chemical sites on the silicate ions ("derivitizing" them) so that they would not be chemically altered during isolation and analysis. These derivatives were examined by Dr. David Jamieson, Head of ARL's Mass Spectrometry Section and their identity established by high-resolution mass spectrometry. The results not only showed experimentally that silicate ions of several polymeric sizes were present in slags (long suspected but never proved) but also provided additional information for use in modifying the theory. Dr. Masson points out that the polymeric concept can also be used to describe the nature of phosphate ions in phosphate glasses. It is of interest that this derivitization technique was used by the laboratory to determine the nature of the silicate ions in lunar soils and glasses provided by the United States space program.

What advantages are there to carrying out studies in this area?

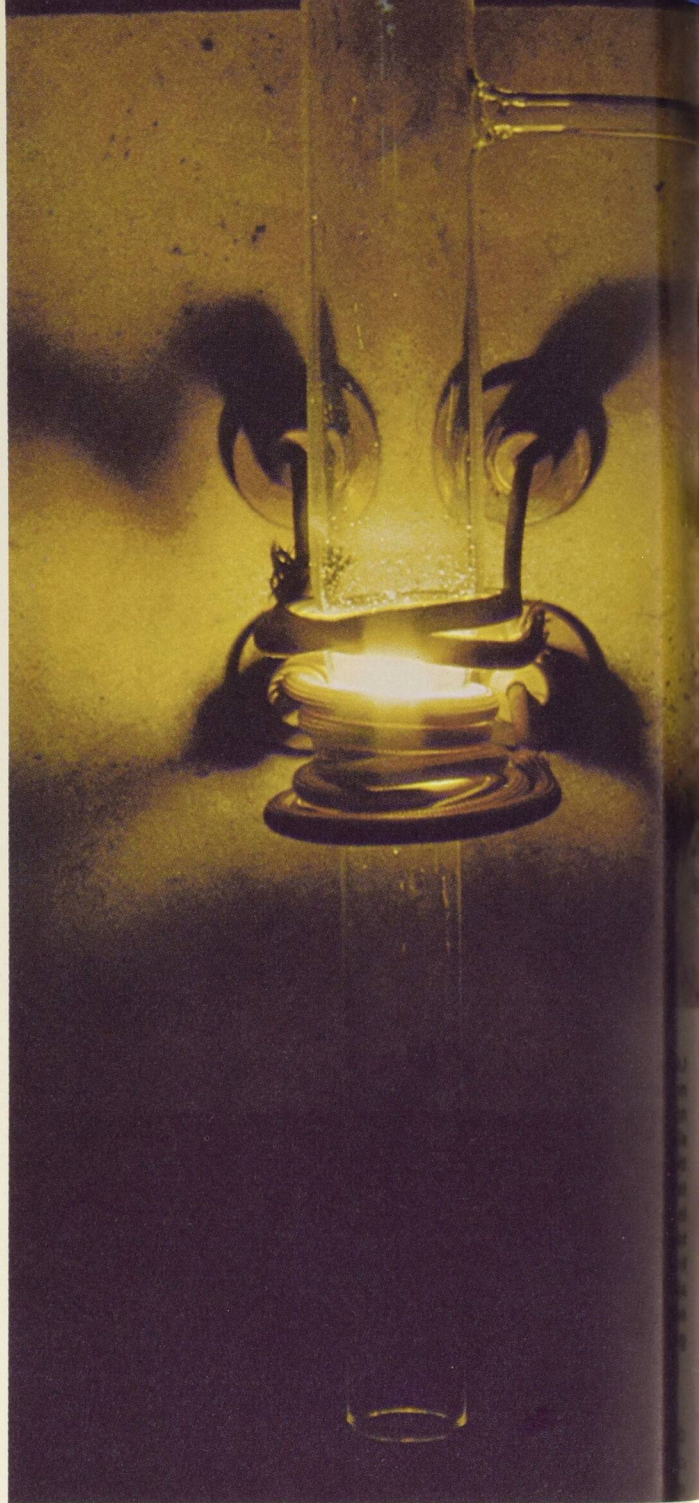
Says Dr. Masson: "The work is of value from the fundamental research point of view because so little is known of the atomic arrangements in amorphous silicates such as melts and glasses. However, it is also helpful to conventional inorganic technologies (besides steelmaking) such as glassmaking, fertilizer manufacturing and carbothermic metal recovery. In addition, the molten silica / silicate (a strong non-volatile acid) has many potential uses as a reaction medium."

There are also geochemical ramifications to the work. Silicates are the most abundant materials on earth and a knowledge of their nature in the liquid form is important to understanding the processes that formed the vast bulk of the earth's crust.

"In a sense, the earth may be thought of as silicate slag in equilibrium with a molten iron," says Dr. Masson.

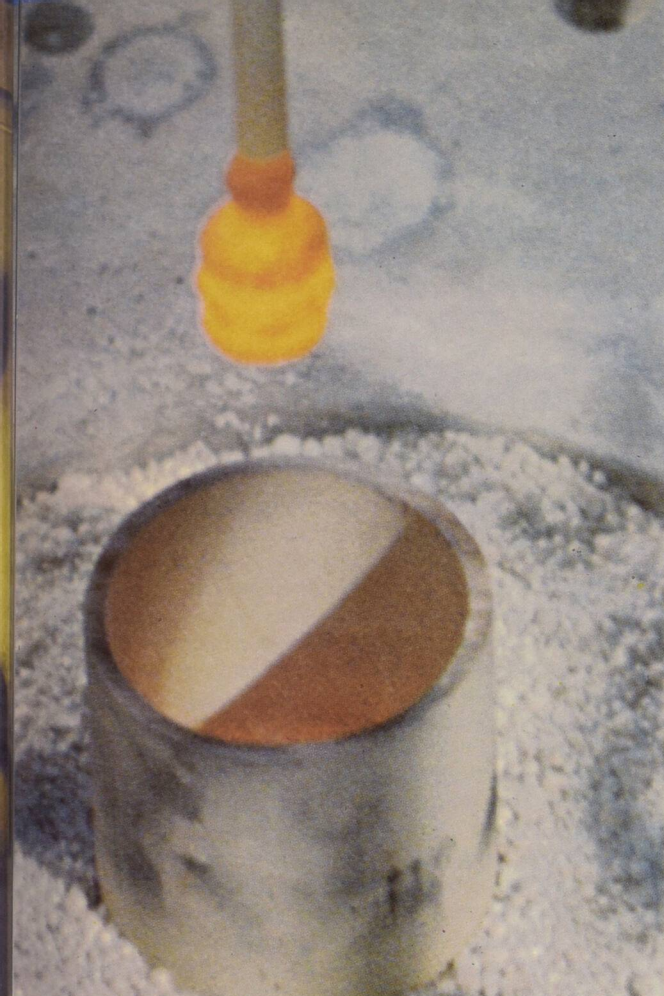
The other area of emphasis in the laboratory concerns Dr. Stirling Whiteway's work on the rates of the chemical reactions that occur between gases and dissolved substances in molten iron. This research program, described technically as "the kinetics of gas-solute interactions" seeks the answers to many questions on the nature of these chemical reactions and the factors that affect their rates.

"In our standard experimental approach," says Dr. Whiteway, "we mix iron powder with a selected 'solute', for example, carbon, sulphur or silicon, alone or in various combinations, and melt them in a crucible. The resulting alloys are then placed in a furnace with a controlled atmosphere, that is, the pressure and flow-rate of the gases moving in and out are strictly regulated. With this set-up we are able to monitor the nature and the rate of the changes that occur in the gas phase by analyzing the input



Liquid metals and slags reacting with their containers is a serious problem for scientists in the High Temperature Chemistry group. One solution has been the development of this electromagnetic levitation device in which metals are suspended and heated in an electrically-induced magnetic field. By placing non-metallic slags on the suspended metals, interactions between the two substances can be studied free of contaminants. Note that the bottom of the glass tube containing the hot materials (outlined at the base of the photograph) is open.

Les métaux en fusion et les scories réagissant avec le matériau des récipients qui les contiennent constituent un problème sérieux pour les ingénieurs du groupe de la chimie des hautes températures. Les scientifiques ont résolu le problème en mettant au point un dispositif de levage électromagnétique grâce auquel les métaux sont suspendus et chauffés dans un champ magnétique induit électriquement. En plaçant des scories non métalliques sur les métaux en suspension, des interactions entre les deux substances peuvent être étudiées sans risque de contamination. A noter que le fond du tube de verre qui contient les matériaux en fusion (visibles au bas de la photographie) est ouvert.



Looking down into an instrument for measuring the viscosity of molten metals and slags. The ceramic spindle that dips into the molten material (on the end of the shaft) is made by "slip casting", a technique for modelling refractory materials. Developed at ARL, this viscometer is essential to laboratory investigations of steelmaking slags.

Vue partielle de l'intérieur d'un viscosimètre pour métaux et scories en fusion. La tige en céramique qui plonge dans le matériau en fusion, au fond du "puits", a été moulée par glissement, technique permettant de mouler des matériaux réfractaires. Mis au point au LRA, ce viscosimètre est essentiel aux études en laboratoire des scories dans la fabrication de l'acier.

des ingénieurs de la section: le Dr Masson étudie les réactions chimiques qui se produisent entre le métal liquide et le laitier et le Dr Whiteway étudie l'interaction entre les gaz, comme l'oxygène et l'hydrogène, et les substances dissoutes dans le fer en fusion.

Le Dr Masson nous a dit: "Les laitiers sont extrêmement importants pour l'affinage et c'est pourquoi les métallurgistes disent souvent: "Surveillez bien les laitiers et le métal viendra de lui-même."

"Nous nous sommes attachés à trouver la composition chimique du laitier lorsqu'il se trouve en équilibre avec le métal en fusion, c'est-à-dire lorsqu'il ne se produit plus aucune réaction. Les laitiers sont surtout constitués de silicates et une grande partie de nos études se rapporte à la nature de ces ions de silicates."

Sur le plan théorique, le Dr Masson a fait une découverte intéressante qui touche l'aspect polymérique de ces silicates qui, en gros, se comportent beaucoup comme les polymères des ions de silicates SiO_4^{4-} , existant sous la forme de chaînes de formes et de dimensions variées. Cette découverte est en bon accord avec la similarité, sur le plan chimique, du silicium et du carbone, ce dernier corps simple étant celui qui est à la base de la plupart des polymères des systèmes vivants comme les protéines et les hydrates de carbone.

Le Dr Masson en a formulé l'hypothèse en s'appuyant sur des études de laitiers simples, à deux composantes et préparés dans le laboratoire comme, par exemple, la silice et l'oxyde de

fer, la silice et l'oxyde de manganèse et la silice et l'oxyde de cobalt.

Les scories ont été mises en contact avec le métal, soit dans un creuset, soit dans une enceinte suspendue dans un champ électromagnétique et les concentrations des constituants ioniques ont été calculées au point d'équilibre. En comparant ces résultats à ceux qui ont été obtenus à l'aide de systèmes semblables par d'autres ingénieurs de recherche, le Dr Masson a découvert qu'un concept unique, celui des silicates existant sous formes polymériques, pourrait expliquer la nature observée des systèmes.

Pour prouver directement que ces polymères de silicates existent réellement, il a modifié et amélioré une technique connue permettant d'identifier les formes polymériques au moyen de méthodes traditionnelles d'analyse moléculaire. Il s'agissait alors de masquer des sites chimiques hautement réactifs sur les ions de silicate, c'est-à-dire de les "dérivatiser" (ou dériver), de sorte qu'ils ne seraient pas altérés chimiquement durant la séparation et l'analyse. Ces "dérivés" ont été examinés par le Dr David Jamieson, chef de la section de spectrométrie de masse du LRA, et leur identité a été établie par spectrométrie de masse à haute résolution. Les résultats ont montré non seulement que, expérimentalement, les ions de silicate de plusieurs grosseurs polymériques existent dans les laitiers, ce à quoi on s'attendait depuis longtemps, mais que l'on avait pas encore pu démontrer, mais ils ont aussi fourni des informations supplémentaires grâce auxquelles on a pu modifier la théorie. Le Dr Masson a remarqué que le concept polymérique peut être également utilisé pour décrire la nature des ions de phosphate dans les verres au phosphate. La technique dite de "dérivatisation" a aussi servi aux chercheurs pour déterminer la nature des ions de silicates dans les échantillons du sol et des verres lunaires rapportés par les astronautes américains.

Quels sont les avantages donnés par des études en ce domaine? Le Dr Masson nous a dit: "Nos travaux ont une valeur du point de vue de la recherche fondamentale car nous savons fort peu de choses sur les configurations atomiques dans les silicates amorphes comme ceux des coulées et des verres. Toutefois, ces études sont aussi utiles pour développer les techniques traditionnelles de la chimie minérale qui, en dehors de la fabrication des aciers, comprend aussi la fabrication du verre et des engrais et la récupération des métaux par traitement au carbone à haute température. De plus, les mélanges de silice et de silicates fondus, c'est-à-dire un puissant acide non volatil, ont de nombreuses utilisations potentielles comme milieu de réaction."

Il existe aussi des ramifications géochimiques de ces travaux. Les silicates sont les matériaux les plus abondants sur notre planète et il est important de mieux les connaître sous leur forme liquide si l'on veut comprendre les processus qui sont à la base de l'édification de la plus grande partie de la croûte terrestre.

Le Dr Masson nous a encore dit: "Dans un sens, la croûte terrestre peut être considérée comme étant formée de scories de silicates en équilibre avec du fer en fusion."

L'autre domaine sur lequel on a mis l'accent dans le laboratoire se rapporte aux travaux du Dr Stirling Whiteway sur les vitesses des réactions chimiques entre les gaz et les substances en solution dans le fer liquide. Ses recherches, intitulées "La cinétique des interactions entre des gaz et des matériaux en solution", ont pour but de trouver la réponse à de nombreuses questions sur la nature de ces réactions chimiques et sur les facteurs affectant leurs vitesses.

Le Dr Whiteway nous a dit: "Notre manière classique d'attaquer le problème consiste à mélanger de la poudre de fer avec un corps dissous sélectionné comme, par exemple, le carbone, le soufre ou le silicium, soit séparément soit ensemble, et à faire fondre le tout dans un creuset. Les alliages qui en résultent sont alors placés dans un four à atmosphère contrôlée, c'est-à-dire où la pression et les débits-masses des gaz sont strictement régulés à l'entrée et à la sortie du four. Avec cette installation nous pouvons déterminer en permanence la nature des changements qui se produisent et les vitesses de ces changements en phase gazeuse en analysant les gaz à l'entrée et à la sortie."

and output gases."

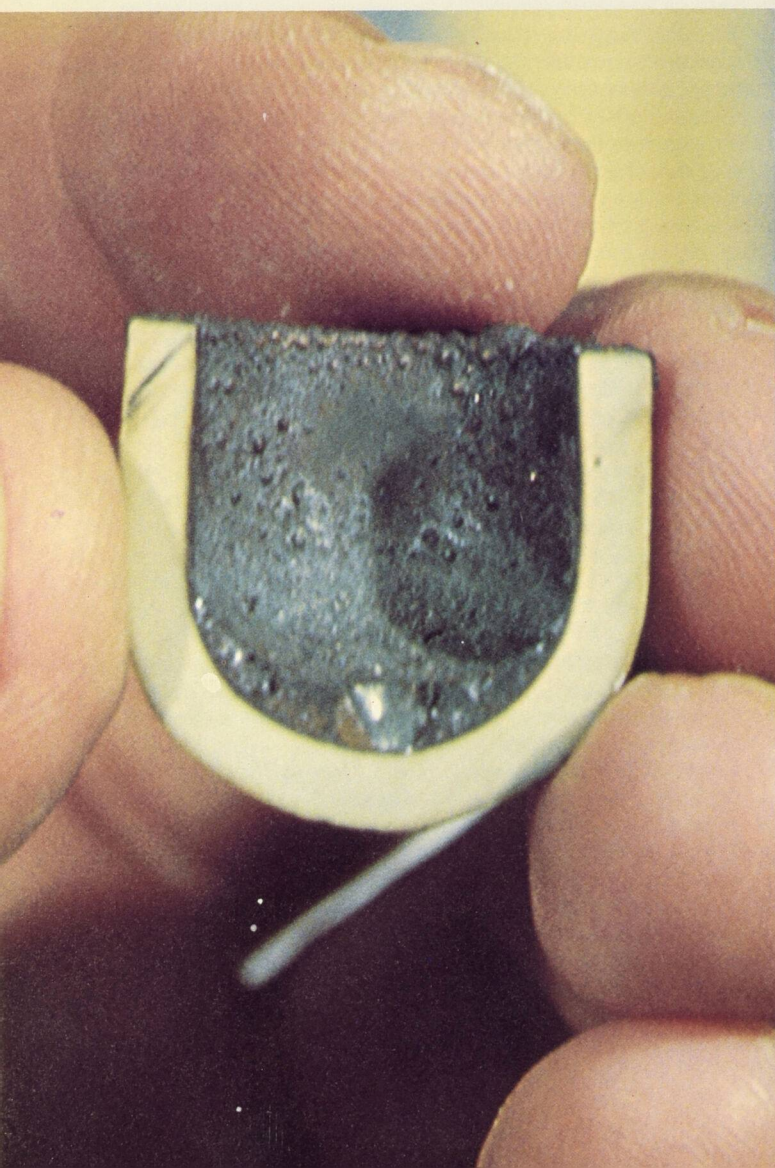
Consider the oxidation of dissolved carbon to carbon monoxide in the molten metal, one of the most important parts of the refining process. It was once suspected that the formation of bubbles of carbon monoxide on the inner surface of the container was the rate-limiting step in the process (i.e. the slowest step, just as a bottleneck in traffic effectively controls the rate of vehicular flow). If this were true, then larger inner surfaces would speed up this "decarburization" process.

Dr. Whiteway's experiments demonstrated the suspicion to be unfounded.

"Using an iron-carbon alloy and passing oxygen gas over the liquid surface, our studies of the kinetics of the reaction showed that the rate-determining step was actually the diffusion of the oxygen from the gas phase into the liquid metal. To accelerate the process, a steelmaker must increase the amount of oxygen available at the metal surface, a step that experience has already taught most of them to take."

The low porosity of ceramic crucibles made by "slip casting" prevents penetration by molten slags. This cut-away of a magnesia crucible demonstrates clearly that slag (shown solidified) does not penetrate the walls in the molten state. The casting technique allows the laboratory to carry out many experiments which would not be possible with the relatively porous ceramic ware that are available commercially.

La faible porosité des creusets en céramique obtenus par moulage par glissement empêche les scories en fusion de pénétrer dans les parois. Cette coupe d'un creuset en magnésie le démontre clairement. Cette technique permet au laboratoire de se livrer à de nombreuses expériences impossibles avec des creusets du commerce et relativement poreux.



How does the presence of dissolved sulphur, a special problem for steelmakers in the Atlantic provinces, affect this rate of decarburization?

"By adding sulphur to the same experimental system," says Dr. Whiteway, "we found that it slowed down the rate of carbon oxidation by occupying sites on the liquid surface that otherwise would be available to carbon. It was a physical rather than a chemical competition."

Iron-sulphur alloys were also prepared to investigate the manner in which sulphur is removed when it is chemically reduced to hydrogen sulphide by reaction with gaseous hydrogen. Blowing hydrogen over the surface of the liquid alloy converts the dissolved sulphur into hydrogen sulphide gas, which is released into the atmosphere.

"Here we found that the rate-limiting step was the removal of the hydrogen sulphide gas," explains Dr. Whiteway, "rather than the transfer of hydrogen to the liquid surface of the alloy."

How does silicon, a substance always found in iron fresh out of the blast furnace, affect this sulphur removal process?

"By adding silicon to this iron-sulphur system," continues Dr. Whiteway, "we were able to demonstrate that its effect was to increase the rate of sulphur removal. Silicon increases the ability of sulphur to react chemically (i.e. increases its 'thermodynamic activity'), the net effect of which is an acceleration of the removal rate of hydrogen sulphide."

Other chemical processes that are not normally employed in steelmaking, but which accomplish similar results to those used, are also investigated. For example, instead of lowering the carbon level by oxidation (the usual way), Dr. Whiteway has studied carbon removal by reduction, where the element is combined with hydrogen to produce methane gas (CH_4).

An understanding of the complex mechanisms that underlie these high temperature reactions not only places the existing industry on a firmer footing, but allows scientists to investigate other chemical procedures that might improve the process. This applies particularly to methods of dealing with detrimental impurities in steel.

The impurity of greatest concern to steelmakers in Nova Scotia is sulphur, which dissolves into the iron from the Cape Breton coke used in the blast furnaces. Present as 'sulphide inclusions', sulphur weakens steel by making it brittle at the high temperatures required to hammer and roll it in the moulding process; this undesirable property is referred to as "hot shortness" by the people in the industry. To coordinate research efforts on such problems, metallurgical scientists in the Atlantic region have recently formed a society called AGRIM, the Atlantic Group for Research in Industrial Metallurgy, of which Drs. Masson and Whiteway were the first ARL members. AGRIM is a society of individuals rather than organizations, and draws its membership from ARL, the Sydney Steel Corporation (SYSCO), the Nova Scotia Research Foundation, Nova Scotia Technical College and Dalhousie University. Its purpose is to provide a forum for discussion of metallurgical problems, to select co-operative research programs and to encourage a free exchange of equipment, ideas and personnel.

"Sulphur was the first problem to be considered," says Dr. Masson, "its removal from coke being the main thrust of our studies. Two summer students were provided to us by SYSCO during 1974 to investigate coke desulphurization using gases, one working at ARL and the other at the Nova Scotia Technical College. A third student working here and at Dalhousie University studied the nature of sulphide inclusions in steel and the effects of adding such agents as strontium to the metal. This is the first of what we hope will become a continuing series of interlocking programs in the steel science field."

Where to in the future for the ARL laboratory?

"Several interesting research problems relate to the manner in which sulphur is bound up in blast furnace slags," says Dr. Masson. "And we are in a good position to undertake these studies. Interesting problems also exist in other metallurgical processes, such as lead smelting, which lend themselves to our techniques. As the Nova Scotia steel industry moves from the open hearth method to other refining techniques, our attention will shift as well to consider the chemistry of these innovations." □ **Wayne Campbell**

...l'acier

Considérons l'oxydation du carbone dissous, oxydation qui donne de l'oxyde de carbone, l'un des produits les plus importants apparaissant durant l'affinage. On a pensé presque partout que la formation des bulles d'oxyde de carbone sur la surface interne du récipient était à l'origine de la vitesse limite minimum du processus, c'est-à-dire que cette formation de bulles joue le rôle d'un étranglement grâce auquel on peut contrôler effectivement le nombre de véhicules circulant sur une route. Si cette supposition avait été valide de plus grandes surfaces internes auraient permis d'accélérer l'élimination du carbone.

Le Dr Whiteway a démontré expérimentalement que ce que l'on suspectait n'était pas fondé.

Il nous a dit: "Dans le cas où l'on souffle de l'oxygène à la surface d'un alliage de fer et de carbone en fusion, nos études de la cinétique de la réaction ont montré que la vitesse de la réaction est déterminée par la diffusion de l'oxygène dans le métal liquide. Pour accélérer le processus, les ingénieurs chargés de surveiller la fabrication de l'acier doivent augmenter la quantité d'oxygène soufflée à la surface du métal ce qu'ils ont appris, pour la plupart, en acquérant de l'expérience."

Comment le soufre en solution affecte-t-il cette vitesse d'élimination du carbone? C'est là un problème spécial des métallurgistes des provinces de l'Atlantique.

Le Dr Whiteway nous a répondu: "En ajoutant du soufre au système expérimental, nous avons trouvé que la vitesse d'oxydation du carbone était réduite du fait que des sites sont occupés à la surface du liquide qui, autrement, pourraient être utilisés par le carbone. Il y a, somme toute, "concurrence" et cette concurrence est plutôt physique que chimique."

Des alliages de fer et de soufre ont été également préparés pour étudier la manière dont le soufre est éliminé lorsque il est réduit chimiquement sous forme d'hydrogène sulfuré, libéré dans l'atmosphère, au cours d'une réaction avec l'hydrogène soufflé à la surface de l'alliage en fusion.

Le Dr Whiteway nous a encore dit: "Nous avons trouvé que, dans ce cas, ce qui limite la vitesse de réaction est l'élimination de l'hydrogène sulfuré plutôt que le transfert de l'hydrogène jusqu'à la surface liquide de l'alliage."

Comment est-ce que le silicium, substance que l'on trouve toujours dans le fer à la sortie du haut fourneau, affecte le processus d'élimination du soufre?

Le Dr Whiteway nous a dit: "Nous avons pu démontrer que si l'on ajoute du silicium au système fer-soufre, la vitesse d'élimination du soufre augmente. Le silicium facilite la réaction chimique du soufre, c'est-à-dire qu'il augmente son "activité thermodynamique", dont l'effet net est d'augmenter la vitesse d'évacuation de l'hydrogène sulfuré."

D'autres processus chimiques qui ne sont pas normalement employés dans la fabrication de l'acier, mais qui donnent des résultats semblables à ceux qui le sont font aussi l'objet d'études. Ainsi, au lieu d'abaisser le pourcentage de carbone par oxydation comme on le fait habituellement, le Dr Whiteway a étudié l'élimination du carbone à l'aide d'une réduction grâce à laquelle cet élément est combiné avec l'hydrogène pour donner du méthane de formule CH_4 .

De bien comprendre les mécanismes complexes qui sont à la base des réactions aux températures élevées non seulement place l'industrie actuelle sur une meilleure base mais aussi permet aux scientifiques d'étudier des processus chimiques qui pourraient être éventuellement meilleurs. Ceci s'applique particulièrement aux méthodes permettant d'éliminer les impuretés de l'acier.

L'impureté qui cause le plus de difficultés aux métallurgistes de la Nouvelle-Écosse est le soufre qui se dissout dans le fer et qui provient du coke du Cap Breton utilisé dans les hauts fourneaux. Le soufre existe en effet sous forme d'inclusions de sulfures qui rendent l'acier cassant aux températures de martelage et de laminage. Pour coordonner les recherches en ce domaine, les métallurgistes de la région de l'Atlantique ont récemment formé une société appelée "Atlantic Group for Research in Industrial Metallurgy" (AGRIM) dont le Dr Masson et le Dr Whiteway ont été les premiers du LRA à en être membres. L'AGRIM n'est pas un organisme officiel mais plutôt une sorte de société d'ingénieurs intéressés par ces problèmes

et dont les membres appartiennent soit au LRA soit à la "Sydney Steel Corporation" (SYSCO), à la "Nova Scotia Research Foundation", au "Nova Scotia Technical College" et à l'Université Dalhousie. Son but est de permettre de discuter de problèmes de métallurgie, de sélectionner des programmes de recherches faites en coopération et d'encourager le libre échange des idées, des équipements et du personnel.

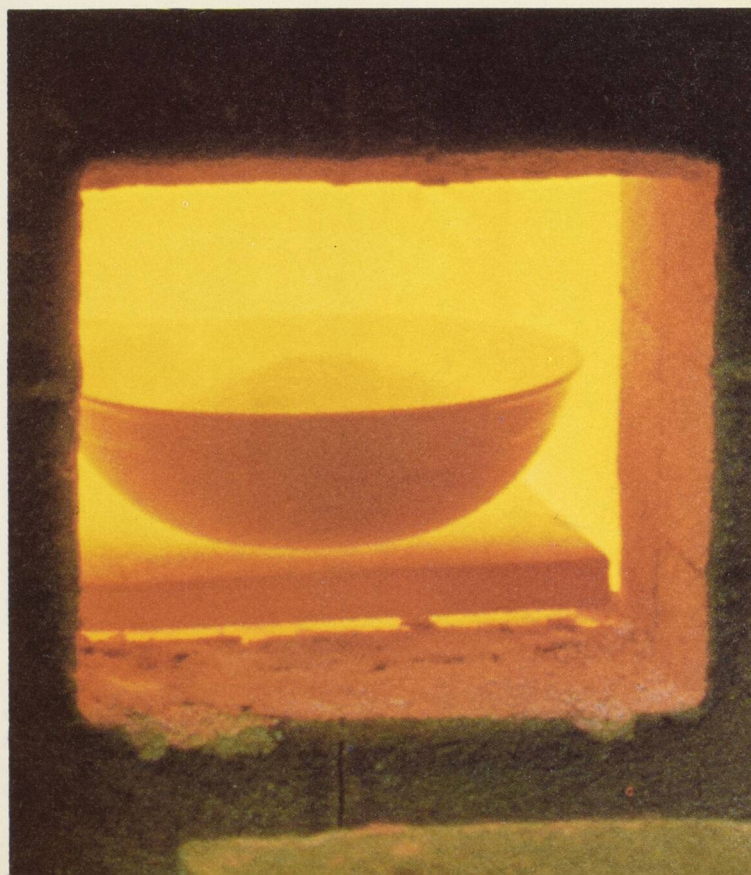
Le Dr Masson nous a encore dit: "Notre premier problème a été d'éliminer le soufre qui provient du coke utilisé. Deux étudiants de chez SYSCO travaillant durant l'été de 1974 ont étudié la désulfuration du coke à l'aide de gaz; l'un d'eux travaillait au LRA et l'autre au Nova Scotia Technical College. Un troisième étudiant travaillant à l'Université Dalhousie a étudié les inclusions de sulfures dans l'acier et l'influence d'agents, comme le strontium, ajoutés au métal. Il s'agit là du premier programme de recherche sur les aciers et nous espérons que ce programme n'est que le premier d'une série d'études concernant des domaines à relations très étroites entre eux.

Que va-t-on faire à l'avenir au Laboratoire régional de l'Atlantique?

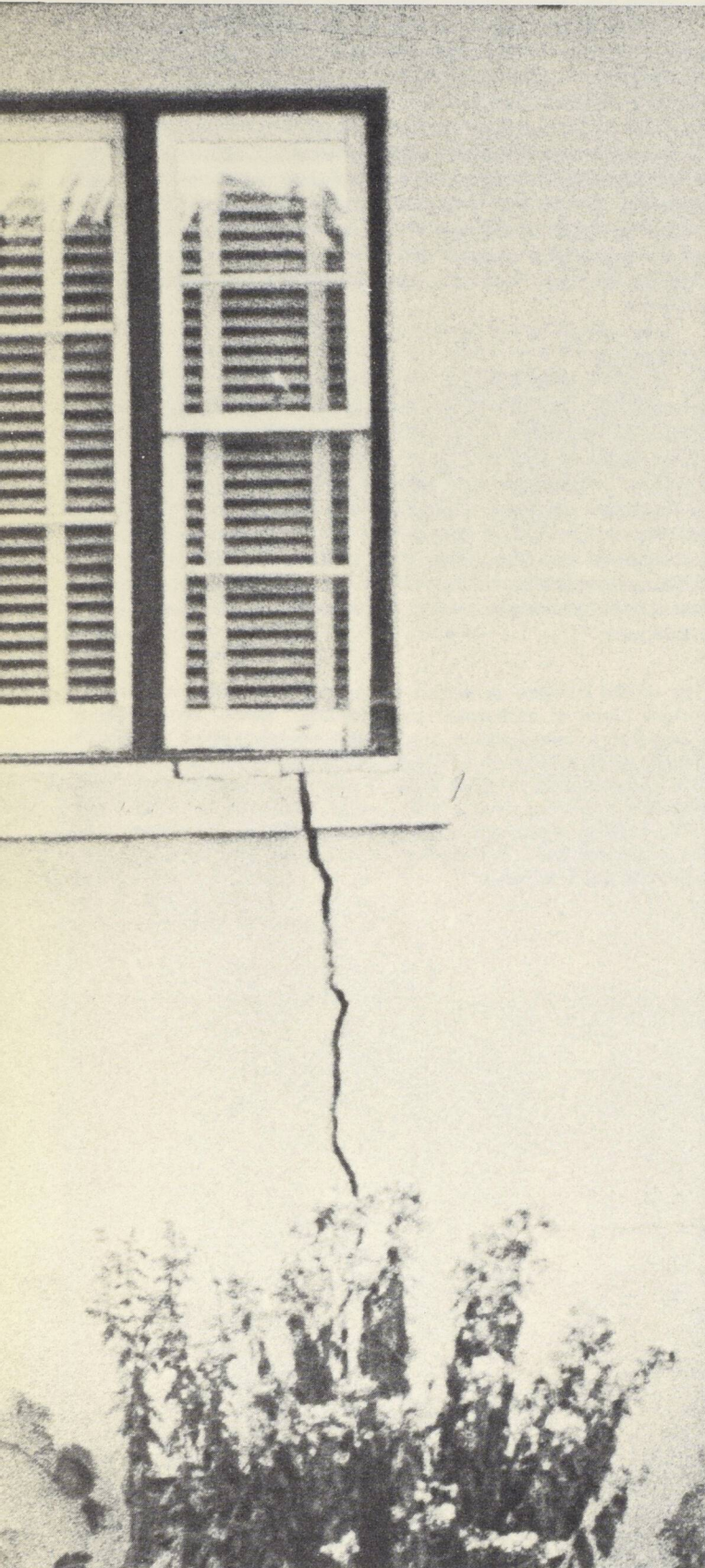
Écoutons le Dr Masson: "Plusieurs problèmes intéressants se rapportent aux différentes combinaisons du soufre dans les scories et les laitiers. Nous sommes bien placées pour essayer de les résoudre. Des problèmes intéressants existent aussi dans d'autres domaines de la métallurgie comme, par exemple, ceux du traitement du plomb qui se prêtent à l'application de nos techniques. Comme l'industrie de l'acier en Nouvelle-Écosse va passer de la méthode des fours à sole à d'autres techniques d'affinage, nous allons concentrer notre attention progressivement sur l'étude de processus chimiques en rapport avec ces techniques." □

This muffle furnace is an important piece of equipment in a laboratory investigating the chemistry of steelmaking. The high temperatures it generates are used in melting down materials, making synthetic slags, firing ceramic ware, and drying materials such as silica.

Ce four à moufle est une importante pièce d'équipement pour un laboratoire qui étudie la chimie de la fabrication de l'acier. Les températures élevées données par ce four sont utilisées pour fondre les matériaux, faire des scories synthétiques, cuire les récipients en céramique et sécher des matériaux comme la silice.



A costly engineering riddle— Sensitive clays



The damage seen here is due to shrinkage of marine clays beneath the foundation, caused by large trees.

The consequences of landslides have often been the subject of newspaper headlines. Canadians were shocked at the disaster which occurred at Saint-Jean-Vianney, a small municipality 10 km (six miles) west of Chicoutimi, when 31 villagers lost their lives and 40 homes were destroyed on the evening of May 4, 1971, in one of the worst landslides in Canadian history. Within 10 minutes, 6.9 million cubic meters (9 million cubic yards) of Champlain clay, covering an area of 268 000 square meters (66 acres) slid into the Petit Bras River.

Recently, sensitive clay near heavily travelled route 132 slid into the Yamaska river, and the village of the same name, built on sensitive clay deposits, was declared a disaster area by the Quebec government. Such events are a tragic manifestation of a phenomenon which costs eastern Canadians millions of dollars annually and poses particular problems to civil engineers.

Landslides occur frequently in the marine clay plains found in the St. Lawrence lowlands and the Ottawa River valley. These clays were deposited in the marine environment of the Champlain Sea which once covered the area after the retreat of the glaciers 8,000 to 11,000 years ago. The clay particles were derived from the natural disintegration of the rock, consisting mainly of silica (SiO_2) and alumina (Al_2O_3)². When deposited in the marine waters, the particles flocculated and settled into clay beds, the porous nature of which resulted in a high content of water. This open structure, often referred to as a card-house structure, renders the clay extremely sensitive to remoulding or deformations, hence its name "sensitive clay".

"Sensitive clay in Eastern Canada has certain intrinsic characteristics," explains Dr. Pierre La Rochelle, professor of civil engineering at Laval University in Quebec City. "Our Canadian sensitive clays, unlike Scandinavian or other clays, are bonded or cemented together. These bonds are due to the presence of chemical compounds, mainly calcium carbonates and iron oxides, at the interstices between the clay particles; this results in a clay that is much more brittle than ordinary clays. (A material is brittle when it fails under very low strains). Once disturbed, the strength of the clay diminishes drastically."

The pores become saturated with water, so that when the bonds break, the clay particles assume a parallel arrangement and float in the water. When this happens, the clay liquefies and often flows.

In construction, it is imperative that foundation pressures do not exceed the bearing capacity of the clay. If the proposed applied load is well below this value, no particular safety precautions are necessary. However, when the shear strength of the clay is inadequate, or its compressibility too great, special techniques must be used.

Members of the geotechnical team at Laval University, Drs. Pierre La Rochelle, François Tavenas and Marius Roy, operating with grants from the National Research Council of Canada, are presently studying the engineering properties of sensitive clays in order to develop safer and more economic foundation design methods. Consequently, they are dealing primarily with practical construction problems in sensitive clays. In order to achieve this goal, they have directed their research to include three areas of major importance. These are: improving sampling methods and laboratory studies of sensitive clays; measuring the properties of these clays in the field; and observing short- and long-term behavior of actual foundations and specially-constructed test structures.

Their research is directed mainly toward field studies. The very nature of sensitive clays renders them inappropriate for detailed laboratory studies since sampling and handling alter their engineering properties. It has been shown conclusively by Dr. Guy Lefebvre, assistant professor of the Applied Sciences Faculty at the University of Sherbrooke, that characteristics of the soil are changed when it is extracted from the ground. Therefore, engineering properties determined strictly from laboratory tests are not as conclusive as field tests because the

L'énigme onéreuse du génie civil

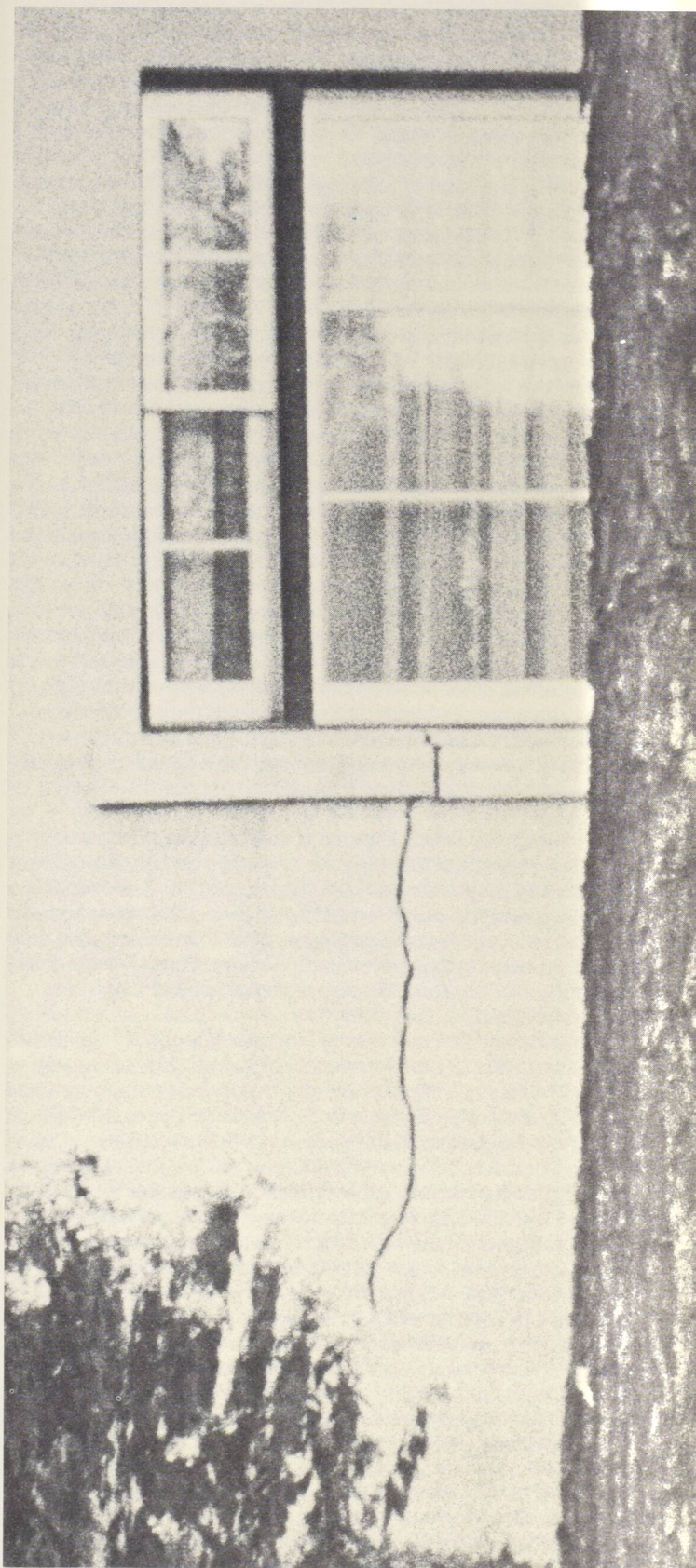
Les argiles sensibles

A plusieurs reprises ces dernières années, des manchettes à la une nous ont appris les conséquences tragiques de glissements de terrain. Ainsi, durant la soirée du 4 mai 1971, la petite municipalité de Saint-Jean-Vianney, située à 10 kilomètres (6 milles,) à l'ouest de Chicoutimi, est passée à l'histoire en étant partiellement rayée de la carte par un des plus importants glissements de terrain qui se soient produits dans les dépôts d'argile Champlain. En l'espace de dix minutes quelque 6.9 millions de mètres cubes (9 millions de verges cubes) de sol se sont écoulés de la rive ouest de la rivière Petit Bras, emportant 268 000 mètres carrés (66 acres) de surface et plus de quarante habitations. Ce glissement de terrain a coûté la vie à 31 habitants de Saint-Jean-Vianney. Plus récemment, à Yamaska, village situé sur un terrain constitué d'argile sensible dans les basses terres du Saint-Laurent, les villageois ont vu leur paisible hameau déclaré zone sinistrée lorsque l'argile, soumise aux vibrations de la circulation lourde sur la route 132, s'est affaissée dans la rivière Yamaska. Ces désastres qui ébranlent périodiquement des agglomérations et jettent la consternation dans la population sont la manifestation tragique d'un phénomène qui cause chaque année des dommages considérables dans l'est du Canada et qui pose des problèmes particuliers du point de vue du génie civil.

Ces glissements de terrain, appelés "coulées", sont imputables à la liquéfaction de l'argile; ils se produisent depuis des siècles dans ces régions du Québec et de l'Ontario, plus particulièrement dans les basses terres du Saint-Laurent et la vallée de la rivière Ottawa, qui, lors du retrait des glaciers, il y a 8,000 à 11,000 ans, étaient recouvertes par la mer Champlain. La désagrégation naturelle de la roche a produit avec le temps des particules argileuses formées principalement de silice (SiO_2) et d'alumine (Al_2O_3) en suspension dans la mer. Le sel a servi par la suite d'agent flocculant, produisant une agglomération des particules argileuses qui se sont déposées au fond de la mer. Par suite de la présence des flocons argileux qui ont une structure très ouverte, un peu comme des "châteaux de cartes", ces dépôts argileux possèdent une très grande sensibilité au remaniement, d'où le terme "argile sensible".

L'argile sensible de l'est du Canada manifeste certaines caractéristiques intrinsèques, bien particulières, d'expliquer le Dr Pierre La Rochelle, professeur au Département de génie civil de l'Université Laval. "Nos argiles sensibles canadiennes, à l'encontre des argiles sensibles scandinaves ou autres ont, dans leur structure, des liens de cimentation généralement attribués à la présence d'oxydes de fer et de carbonates qui font qu'elles sont beaucoup plus fragiles que les argiles ordinaires. Par fragilité, il faut entendre cette propriété qui fait qu'un matériau se rompt à très faible déformation et qu'après rupture, sa résistance diminue considérablement." Les argiles marines des basses terres du Saint-Laurent ont une structure floculée telle que le volume des pores entre les grains est de deux à trois fois supérieur au volume des particules solides. Puisque les pores sont saturés d'eau, lorsque les liens entre les particules sont rompus, celles-ci peuvent adopter des positions parallèles et flotter dans l'eau; on dit alors que l'argile se liquéfie.

Dans les problèmes de construction, il faut s'assurer que le poids de la fondation ne dépasse pas la capacité portante de l'argile. Si l'argile a une résistance suffisante pour la charge envisagée, l'on peut construire les fondations sans précautions spéciales; mais dans le cas où la résistance de l'argile est trop faible, ou sa compressibilité trop grande, il faut avoir recours à des techniques spéciales. Les membres de l'équipe de géotechnique de l'Université Laval, le Dr Pierre La Rochelle, le Dr Marius Roy et le Dr François Tavenas, qui bénéficient de subventions du Conseil national de recherches du Canada, effectuent présentement des recherches sur les propriétés mécaniques des argiles sensibles afin d'en arriver à des méthodes fiables et économiques pour effectuer le calcul des fondations et assurer la stabilité des structures. Ils s'attaquent donc au pro-



Ces dégâts sont imputables à la contraction des argiles marines sous la fondation. Cette contraction est causée par les grands arbres.

samples used are no longer in their natural state. A line of research suggested itself: a sampler capable of taking valid specimens had to be developed. The group recently designed and constructed a 20 cm (8 in) sampler which obtains cores of sensitive clays similar in quality to those of block samples, and the specimens available for laboratory studies are more representative of the actual soil.

A variety of equipment is used in field studies: drill rigs take continuous samples or samples from specific depths; a vane measures the in situ shear strength; a penetrometer determines the shear strength at the tip; and a Ménard pressuremeter measures the shear strength, change in volume and deformation modulus of the clay.

Work is presently under way in Saint-Alban in Portneuf County, where a major landslide occurred at the turn of the century. Four full-scale test embankments have been built in order to evaluate the behavior of these clays under controlled conditions. The objective of this study is to define the stability and compressibility of the foundation when it is subjected to stress levels approaching failure in the field. This site was chosen because there were no overlying sand deposits and the clay was sufficiently strong, yet sensitive, rendering feasible the economic construction of embankments. The La Rochelle-Tavenas-Roy team constructed the first embankment "to failure" (to exceed the load-bearing capacity of the clay) in 1972 in order to determine the maximum load the soil could withstand. An observation program relating to the long-term behavior of the other three embankments is now under way.

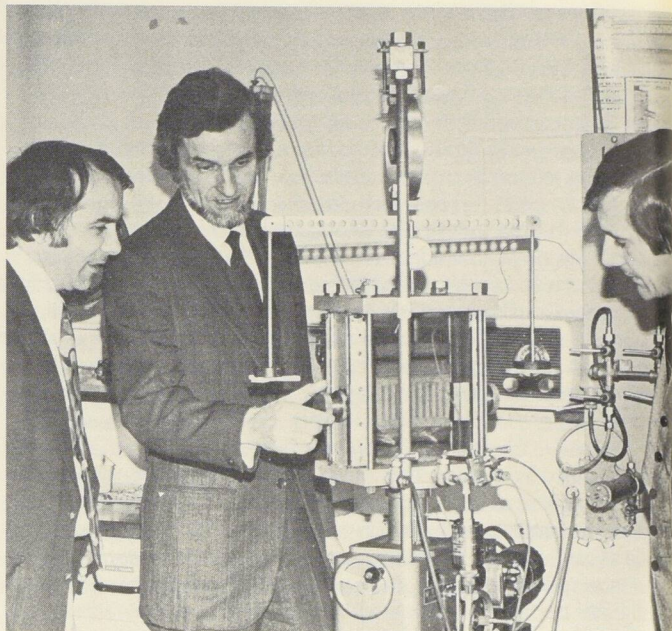
The team has also undertaken a study of the phenomenon of friction piles driven into sensitive clays. Little data are available at present concerning the long-term behavior of these "floating piles" in these clays (piles which are not driven to bedrock).

A project was set up in order to delineate the problem. Under the direction of Dr. Roy, the engineers drove a model pile incorporating pressuremeters and piezometers at Saint-Alban. A special testing rig made it possible to control the rate of drive and monitor the pore water pressure. After a predetermined time interval, its bearing capacity was rechecked. The team now has studied the friction along the pile, at its tip, and the long-term behavior of this type of construction.

In Montreal, Professor André Loiselle, of the Civil Engineering Department at Ecole Polytechnique, is working at the site of the 1976 Olympic Games with a group of researchers from the school's Soil Mechanics Section. Financed by a special NRC grant, the study was undertaken in June 1973, in collaboration with the Control and Research Laboratory of the City of Montreal, of a reinforced concrete retaining wall, 500 m (1,640 ft) long and 14 m (46 ft) high. Readings of installed instruments were taken at regular intervals ranging from one week at the start of the project to four weeks at present. The total testing period of 24 months will expire in July 1975.

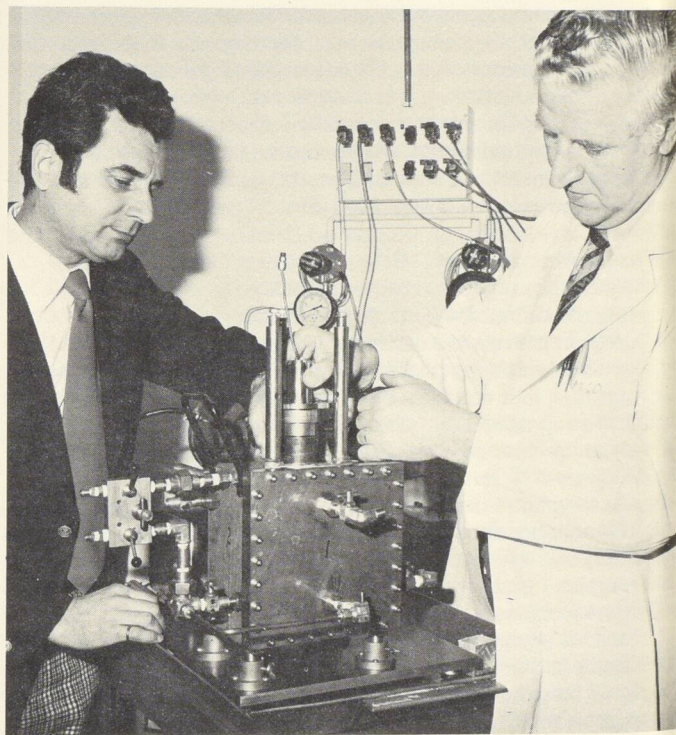
Professor Loiselle and his colleagues are thus able to obtain data relative to earth pressures acting on the wall, pore water pressures in the soil, horizontal and vertical movements in the wall and in the surrounding soil and the forces acting on individual anchors supporting sections of the wall. Among the more immediate objectives of this research is an attempt to develop a theoretical solution based on measurements of stresses in the wall, and on an evaluation of the coefficients of earth pressures when the soil is stable. The latter can be measured using a new "hydraulic fracturing test" which enables engineers to take field measurements more accurately.

In Ottawa, NRC's Division of Building Research is also involved in sensitive clay research. Their work is varied, ranging from research on the geotechnical properties of marine clays to studies involving seasonal ground movements. Since the Division's Soil Mechanics Section was formed in 1947 (and reorganized into the Geotechnical Section in 1969), it has



From left Drs. Marius Roy, Pierre La Rochelle and François Tavenas examine a new plane strain compression apparatus built at Laval University.

De gauche à droite, le Dr. Marius Roy, le Dr. Pierre La Rochelle et le Dr. François Tavenas, devant un nouvel appareil de compression plane construit à l'Université Laval.



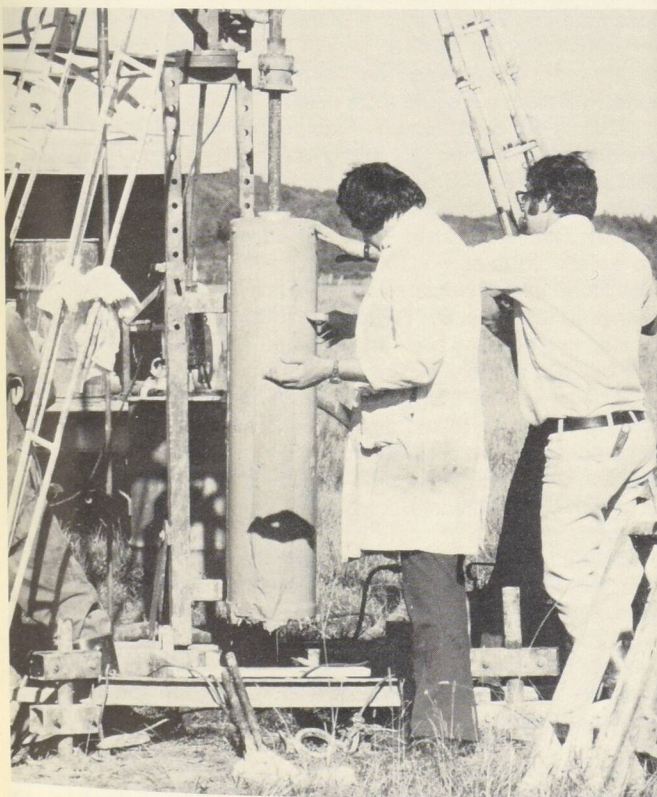
Dr. Michael Bozozuk (left) and Mr. Alphonse Guibord, Division of Building Research, NRC, adjust a soil pile friction apparatus developed by Dr. Bozozuk, which is used to measure the coefficient of friction for skin friction studies on piles.

Le Dr. Michael Bozozuk et M. Alphonse Guibord, de la Division des recherches en bâtiment, CNRC, ajustent l'appareil mis au point par le Dr. Bozozuk et servant à mesurer le coefficient de frottement entre un pieu et le sol.



Dr. Michael Bozozuk checks the instrumentation of a steel reinforced pile, one meter (3.3 ft) in diameter and 90 meters (300 ft) long, driven during the construction of a highway overpass near Berthierville, Quebec.

Le Dr Michael Bozozuk vérifie l'instrumentation d'un pieu d'un mètre (3.3 pi) de diamètre et 90 mètres (300 pi) de long, muni d'armature et enfoncé durant la construction d'un pont routier près de Berthierville au Québec.



The geotechnical team from Laval University obtains a 20 cm (8 in) core of marine clay at Saint-Alban in Portneuf County.

L'équipe de géotechnique de l'Université Laval prélève un échantillon d'argile marine de 20 cm (8 po) à Saint-Alban, dans le comté de Portneuf.

blème pratique de la construction sur des argiles sensibles. Pour obtenir les résultats qu'ils espèrent, les trois ingénieurs ont orienté leurs recherches afin de toucher aux trois points d'importance majeure: le perfectionnement des méthodes de prélèvement et d'étude en laboratoire des argiles sensibles, l'étude des méthodes de mesure en place des propriétés de ces argiles et l'observation du comportement à court et à long terme de fondations réelles et de prototypes.

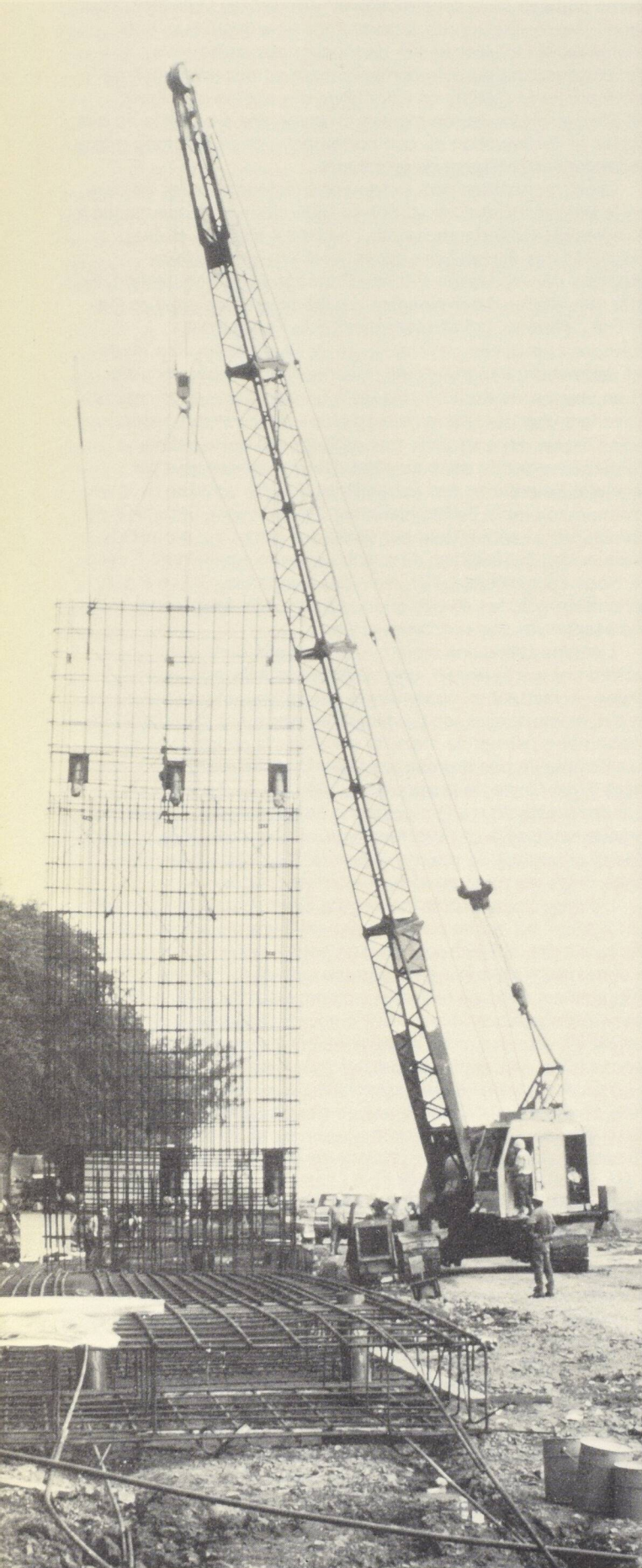
Leurs recherches sont fortement orientées vers les travaux sur le terrain puisque les études en laboratoire sont assujetties à la représentativité douteuse des conditions d'essais et des propriétés des échantillons qui peuvent être grandement affectées par l'opération d'échantillonnage et la manutention. En effet, des études déterminantes ont été faites à ce sujet par le Dr Guy Lefebvre, professeur adjoint à la Faculté des Sciences appliquées de l'Université de Sherbrooke; ces études ont démontré qu'en prélevant un échantillon d'argile sensible, on en change les caractéristiques à un point tel que les résultats provenant d'essais faits en laboratoire sont au départ beaucoup moins fiables. Une ligne de recherches s'est donc définie d'elle-même, soit la mise au point d'un échantillonneur qui permette de prélever des échantillons d'argile sensible avec un minimum tolérable de remaniement. Récemment, l'équipe a pu développer un échantillonneur de 20 cm (8 po) qui permet de prélever des échantillons de qualité presque équivalente à celle de blocs échantillons taillés dans des tranchées. Grâce à cet échantillonneur, les études en laboratoire sont maintenant plus représentatives des conditions réelles.

L'équipe utilise une variété d'instruments dans ses recherches sur le terrain, entre autres des instruments de forage permettant un échantillonnage continu en profondeur ou en des points choisis, ou la mesure en place des propriétés. Le scissomètre permet de mesurer sur place la résistance au cisaillement; le pénétromètre mesure la résistance à l'enfoncement d'une pointe; le pressiomètre Ménard, comportant un cylindre recouvert d'une membrane de caoutchouc se gonflant lorsque soumise à une pression hydraulique, mesure la pression et le changement de volume et permet d'en déduire la résistance et les modules de déformation des argiles.

L'équipe travaille présentement à Saint-Alban dans le comté de Portneuf, où quatre remblais d'essai à grande échelle ont été construits en 1972 pour évaluer sous conditions contrôlées le comportement des argiles comme sols de fondations. L'objectif est donc de définir le problème de l'évaluation de la stabilité d'une fondation et de sa compressibilité lorsque l'argile est soumise à des niveaux de contrainte se rapprochant des conditions de rupture en nature.

Peu de données étaient disponibles sur les argiles sensibles de la région et, en conséquence, le site de Saint-Alban, où il y a eu un glissement de terrain d'importance majeure vers le début du siècle, a été choisi pour réaliser les essais en nature. Le site a été choisi particulièrement dû à l'absence de sable à la surface du dépôt et au fait que l'argile y est suffisamment molle et sensible pour permettre la construction économique de remblais et de pieux prototypes. L'équipe La Rochelle-Tavenas-Roy ont construit un des remblais de Saint-Alban jusqu'à la rupture afin d'étudier la charge maximale que la fondation peut supporter et un programme d'observation du comportement à long terme des trois autres remblais est en cours.

L'équipe étudie également le problème des pieux. Il existe relativement peu de données concernant le comportement à long terme, dans les argiles sensibles du Canada, de pieux "flottants", c'est-à-dire qui ne s'appuient pas sur le roc. Un programme est en cours de réalisation par l'équipe de Laval pour l'étude de la résistance le long du pieu et à sa pointe, ainsi que du comportement à long terme de ce type de construction. Un projet a été mis sur pied dans le but de bien définir le problème. Sous la direction du Dr Roy, des pieux modèles ont été foncés à Saint-Alban, incorporant entre autres des capteurs



pioneered research on the engineering properties of Canadian sensitive clays. Detailed stability analyses of landslides have been carried out at Green Creek, Mud Creek, Hawkesbury, Orleans, the Nation River and Breckenridge, Ontario. Analyses of settlement due to consolidation of sensitive clays have been performed at the Victoria Museum and at three large apartment buildings in Ottawa.

Under the direction of Dr. Michael Bozozuk, engineers in the Division have constructed a test fill in the township of Gloucester 16 km (10 miles) south-east of Ottawa, similar to that of Saint-Alban. The fill is fully instrumented. Vertical, horizontal and shear stresses are measured along the base and deformations measured along the base, mid-height and surface of the fill. Dr. Bozozuk's group is interested in settlement which occurs over a period of time. (This does not involve a bearing capacity failure). Pressures exerted on the soil supporting the fill exceeded the preconsolidation pressure of the clay.

Dr. Bozozuk is also studying the drying of sensitive clays which occurs in the presence of large trees. The team has studied each building in an area bounded by Elgin, Bank, McLeod and Laurier Streets in Ottawa and particular sites were instrumented in order to verify the variations of the water table. Most structures were affected, as was the paving.

Dr. Bozozuk complemented this investigation with one concerning vertical ground movements near a row of high elm trees growing in Champlain clay at NRC's Montreal Road site. The amplitude of the ground movements was found to be a function of the depth, the distance from the trees and seasonal weather conditions. A chart was prepared to facilitate the design of foundations near high elm trees. This could minimize damage to structures and paving.

By studying the ground movements within a radius of 12 m (39 ft) from the trees, Dr. Bozozuk was able to catalogue the horizontal and vertical effects of the elms on the soil. The average vertical movement was 100 mm (4 in) but could reach as much as 300 mm (12 in). As a rule, the tree affects the soil to a horizontal distance equal to its height.

During the construction of the north shore autoroute between Montreal and Quebec City, a highway overpass was required at Berthierville. The overpass was supported on long piles, driven through sensitive clay to bedrock at a depth of 82 m (270 ft). Because considerable settlement was expected under the weight of the approach embankment, engineers foresaw a heavy load in a downward (negative) direction due to skin friction on the piles. Dr. Bozozuk and his colleagues instrumented two of these piles and installed an instrumented steel pipe test pile at the site. This investigation showed that very large negative skin friction loads were generated. Furthermore, these are directly related on the earth stresses along a horizontal plane acting on the piles and to the coefficients of friction between the pile and the clay. Dr. Bozozuk was awarded the Canadian Geotechnical Society Prize in 1973 for publication of this work.

These research projects have made possible better measurement techniques and improved knowledge on the behavior of clays. From here on, these will assist in the search for economical solutions to crucial construction problems. Improved methods of analysis of soil stability will help to avoid catastrophic landslides and to improve the safety of urban developments.

□ Diane Bisson

An instrumented cage is installed at the site of the 1976 Olympic Games by Prof. André Loiselle's group. They are studying the behavior of a reinforced concrete retaining wall built on sensitive clays.

Une cage instrumentée est placée au site des jeux olympiques de 1976 par l'équipe du Prof. André Loiselle, afin d'étudier le comportement de parois moulées sur des argiles sensibles.

Les argiles sensibles

de pression et des piézomètres. Les pieux ont été foncés au moyen d'un montage spécial permettant de contrôler le taux d'enfoncement et de mesurer notamment la pression interstitielle. Ensuite, les pieux peuvent demeurer en place pour une période déterminée et leur capacité portante peut être mesurée de nouveau après cette période de repos.

A Montréal, le professeur André Loiselle du Département de génie civil de l'Ecole polytechnique, effectue présentement des recherches sur le site des jeux olympiques de 1976 en collaboration avec un groupe de la section de Mécanique des sols de l'Ecole. Une étude sur le comportement de parois moulées a été entreprise en juin 1973 en collaboration avec le Laboratoire de Contrôle et Recherches de la Ville de Montréal. Une paroi moulée de 500 mètres (1640 pi) de longueur et haute de 14 mètres (46 pi), instrumentée grâce à une subvention spéciale du Conseil national de recherches du Canada, sert de champ d'expérimentation. Des mesures ont été prises à intervalles allant d'une semaine au début de l'étude jusqu'à quatre semaines présentement, et ce pendant une période de 24 mois qui se terminera en juillet 1975.

Ainsi l'équipe du Dr Loiselle obtient des données sur les caractéristiques de poussée des terres, c'est-à-dire les pressions totales des terres, les pressions interstitielles, les mouvements horizontaux et verticaux dans le mur et dans le sol et les forces sur les tirants supportant chaque section du mur. Les sujets de recherches les plus immédiats touchent aussi sur la mise au point d'une méthode de prévention théorique basée sur les résultats des contraintes et des déformations, et l'évaluation des coefficients de poussée des terres au repos grâce à une nouvelle méthode de "claquage hydraulique", qui permet d'apprécier plus justement la méthode de mesure in situ.

Au Conseil national de recherches du Canada à Ottawa, la Division des recherches en bâtiments effectue également des recherches dans ce domaine, allant de l'étude des propriétés géotechniques des argiles marines à des travaux sur les mouvements saisonniers de ces argiles. Depuis la formation de la Section de mécanique des sols en 1947, et la réorganisation qui incorpora cette dernière à la Section de géotechnique en 1969, des chercheurs scrutent les propriétés des argiles sensibles canadiennes. Des analyses de stabilité ont été effectuées dans les endroits où les coulées ont eu lieu à Green Creek, Mud Creek, Hawkesbury, Orléans, Nation River et Breckenridge. Des études de tassement dû à la consolidation de l'argile ont aussi été faites au Musée Victoria ainsi qu'à trois immeubles à Ottawa.

Sous la direction du Dr Michael Bozozuk, les scientifiques de la division ont construit à Gloucester, en 1967 à 16 km (10 miles) au sud-est d'Ottawa, un remblai semblable à celui de Saint-Alban.

Tout comme à Saint-Alban, le remblai à Gloucester est lui aussi instrumenté. Certains capteurs mesurent les contraintes verticales, transversales et de cisaillement, ainsi que les déformations à la base, mi-hauteur et à la surface du remblai. L'équipe du Dr Bozozuk se préoccupe du tassement de l'argile qui survient avec le temps, phénomène qui, toutefois, n'implique pas un risque d'écroulement du remblai. En effet, l'équipe maintient les pressions auxquelles le sol supportant le remblai est soumis au delà du point de préconsolidation de l'argile.

Le Dr Bozozuk étudie l'assèchement de l'argile imputable à la présence des arbres. Chaque structure dans la région limitée par les rues Elgin, Bank, McLeod et Laurier à Ottawa a été mesurée et certaines observations ont été faites afin de vérifier les variations du niveau phréatique. Presque tous les édifices, ainsi que le pavage, étaient affectés.

Le Dr Bozozuk a aussi fait une enquête relative aux mouvements verticaux des sols près d'une rangée de grands ormes enracinés dans l'argile Champlain au Conseil national de

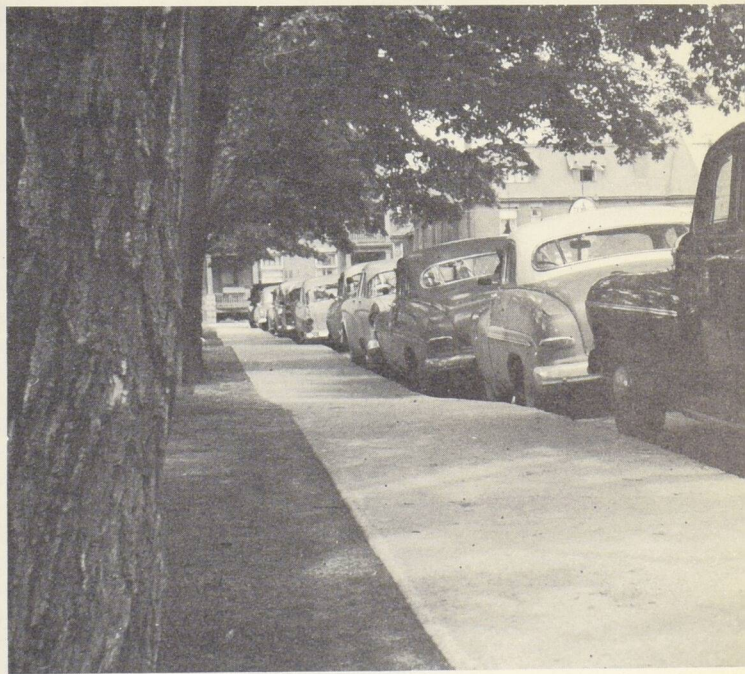
recherches du Canada, chemin Montréal à Ottawa. Il a constaté que l'amplitude des mouvements des édifices est fonction de la profondeur des fondations, de leur éloignement des arbres et du climat. Un diagramme a été établi afin de faciliter les calculs de fondations près de grands ormes croissant dans des sols argileux. Ceci pourra éviter les dégâts subis par les édifices et les trottoirs.

En étudiant les mouvements des arbres eux-mêmes dans un rayon de 12 mètres (39 pi), ainsi que ceux du sol environnant, le Dr Bozozuk a pu cataloguer les effets horizontaux et verticaux des ormes sur la terre. Il a découvert une dénivellation moyenne de 100 millimètres (4 po), quoique celle-ci pouvait aller jusqu'à 300 millimètres (12 po) sur plusieurs saisons. L'arbre affecte le sol à une distance égale à sa hauteur.

Pendant la construction de l'autoroute de la rive nord, entre Montréal et Québec, il a été nécessaire de construire un pont routier près de Berthierville, supporté sur de longs pieux enfoncés dans 82 mètres (270 pi) d'argile sensible. Le Dr Bozozuk et ses collègues, prévoyant un tassement important à cause du poids du remblai, ont instrumenté deux de ces pieux. De plus, ils y ont installé un pieu d'essai constitué d'un tuyau d'acier instrumenté.

Les résultats ont démontré que de fortes charges négatives engendrées par le frottement du pieu s'ensuivent. De plus celles-ci dépendent directement des contraintes latérales effectives résultant des mouvements des sols sur le pieu ainsi que du coefficient de frottement entre le pieu et l'argile. En 1973, le Dr Bozozuk a reçu le prix de la Société canadienne de Géotechnique pour ce travail.

Ces différents projets de recherches permettent d'améliorer les techniques de mesure et les connaissances sur le comportement des argiles afin d'en arriver à des solutions économiques à ces problèmes cruciaux pour la construction. De meilleures méthodes d'analyse et de calcul de la stabilité des sols devraient permettre d'éviter les catastrophes causées par les glissements et d'améliorer la stabilité des aménagements urbains. □ **Diane Bisson**



The roller-coaster effect on this Ottawa street was created by the differential drying of subsoil due to large trees.

Cette rue d'Ottawa, avec ses montagnes russes, a été affectée par l'assèchement de l'argile marine imputable à la présence des arbres.



Space Research Facilities Branch— Launch into the Cusp

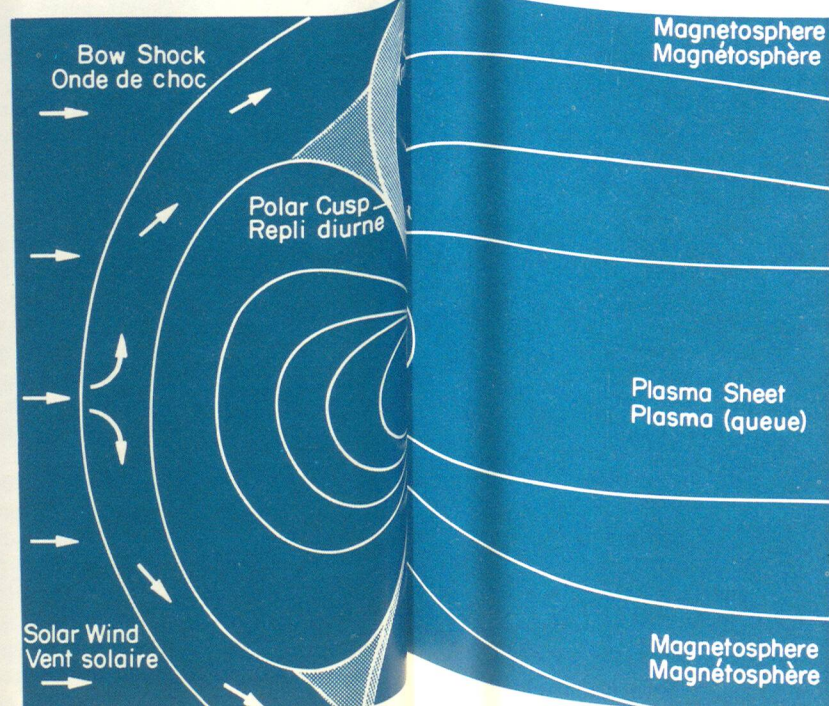
Although the aurora borealis is a well-known phenomenon, few people have seen the aurora during the daytime. Mentioned in 1854 in the writings of Elisha Kent Kane, the physician on the Grinnell expedition searching for the Sir John Franklin Expedition, the daytime aurora was first identified scientifically by the Soviet scientist Feldstein during the International Geophysical Year (1957-58). Using all-sky cameras, he showed that the aurora occurs in an oval, rather than a circular shape, around the magnetic pole.

This fact led Canadian scientists to choose Cape Parry, 1,200 miles (1 930 km) north of Edmonton, as the site for two rocket launchings last December.

Purpose of the launchings was to investigate the characteristics of the magnetosphere which result in an auroral display being visible from certain arctic locations in the winter when the mid-day sun barely rises above the horizon. Cape Parry is close to the daytime auroral oval and being three degrees inside the Arctic Circle, has the required darkness at noon.

The reason for the occurrence of an aurora at noon is directly related to the existence of a cleft or cusp in the magnetosphere on the dayside, as opposed to the nightside, of the earth. The solar wind forces the earth's magnetic field lines to part into two streams, one flowing southward over the equator and the other streaming northward over the polar cap into the magnetospheric tail. This results in a wedge-shaped division in the magnetosphere which permits the

Direction des installations de recherche spatiale Lancements dans le repli diurne



Même si les aurores boréales sont bien connues, peu de gens les ont vues de jour. C'est Elisha Kent Kane qui a mentionné en 1854, pour la première fois, l'existence des aurores diurnes; il était alors le médecin de l'expédition Grinnell à la recherche des membres de l'expédition Sir John Franklin. C'est Feldstein, un savant russe, qui a démontré scientifiquement qu'elles existent durant l'Année géophysique internationale 1957-58; en utilisant des caméras couvrant tout le ciel, il a prouvé que l'aurore forme un ovale autour du pôle magnétique et non pas un cercle.

Pour cette raison, les scientifiques canadiens ont choisi Cape Parry, à 1 200 miles (1 930 km) au nord d'Edmonton, comme site de deux lancements de fusées en décembre dernier.

Il s'agissait de déterminer les caractéristiques de la magnétosphère au moment où les aurores diurnes sont visibles de certains points de l'Arctique en hiver lorsque le soleil ne s'y élève guère à midi au-dessus de l'horizon. Cape Parry est proche de l'ovale et à trois degrés de latitude à l'intérieur du cercle polaire de sorte que le ciel y est assez sombre à midi.

L'aurore boréale est visible à midi en hiver parce que les lignes de force du champ magnétique terrestre partent des régions du pôle magnétique, les unes vers le sud et les autres vers le nord en formant une sorte de V, ou repli, — dont la pointe est appelée point de rebroussement—, et que c'est grâce à ce V que le vent solaire peut atteindre l'ionosphère dans ces

Below, left to right: Equipment and supplies for the launch being moved from Hay River, Northwest Territories, down the Mackenzie River via Northern Transportation Co. Ltd. • Installation of launcher base plate at Cape Parry • Installation of launcher pedestal. • Launcher base plate, pedestal and heating building in position • Installation of launcher boom and elevation device • Launch facility showing completed launcher, heating equipment and framework of portable shelter. • Launch facility showing heating building and portable shelter with canvas cover • Operations/telemetry facility showing trailer, telemetry antennae, wind mast, transformer hut and building containing back-up generator power.

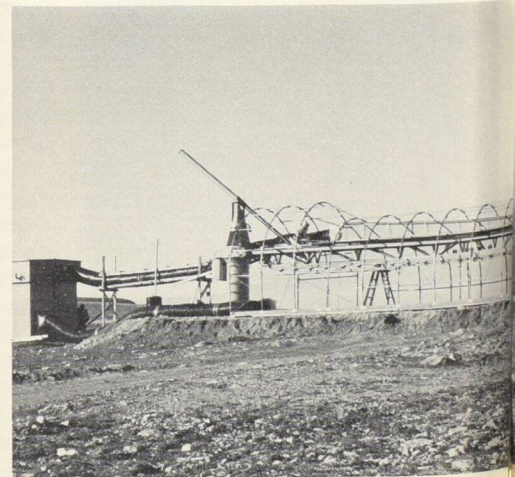
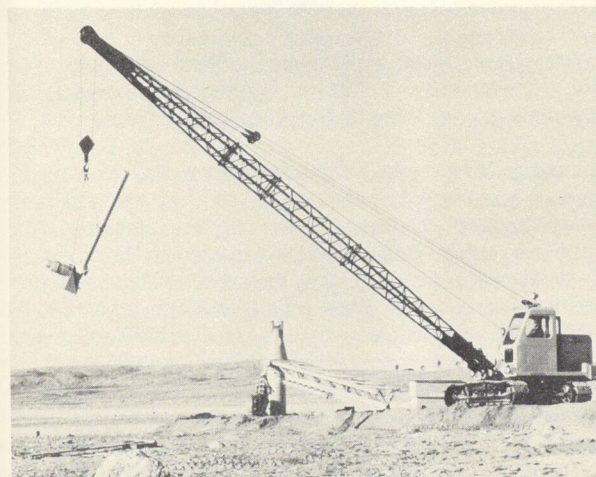
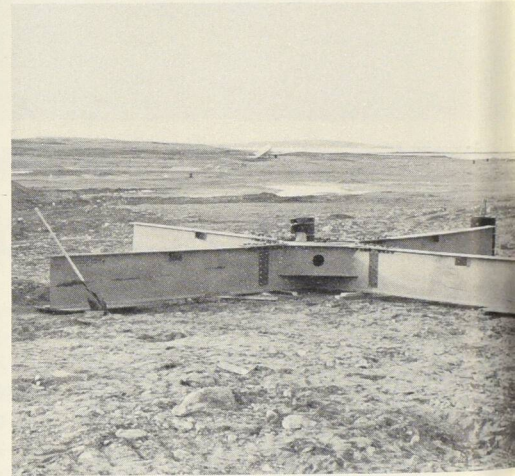
solar wind to flow to the ionosphere where the aurora is produced.

Launched by the Space Research Facilities Branch of the National Research Council of Canada, the rockets carried a total of 18 experiments — six from NRC, five from York University in Toronto, two each from the University of Saskatchewan in Saskatoon, the University of Liège in Belgium, and the Atmospheric Environmental Services, Environment Canada, and one from the University of Tokyo in Japan. These experiments were aimed at measuring profiles of electron density, electron temperature, electric and magnetic fields and ion emission rates associated with the dayside cusp in order to help scientists study the cusp. It is hoped that a unique set of data may be obtained which will enhance man's understanding of the dayside upper atmosphere and its processes.

The Space Research Facilities Branch (SRFB) is a support organization which provides services to Canadian scientists who are doing upper atmosphere and space research using sounding rockets, balloons and ground-based instruments. The main services provided include the procurement of rocket motors, the procurement and engineering monitoring of instrumented rocket payloads, the planning, designing and operation of temporary and permanent launching facilities, the acquisition and recording of scientific data, and the conversion of such data into formats which are readily usable by scientists.

The December launchings bring to 210 the total number of scientific sounding rockets launched by Canada since 1957. To date, the Space Research Facilities Branch has participated in 142 rocket launchings which have carried experiments from Canada, the United States, Sweden, the Federal Republic of Germany, Czechoslovakia, the United Kingdom, Belgium and Japan. □

Joan Powers Rickard



...aurores diurnes

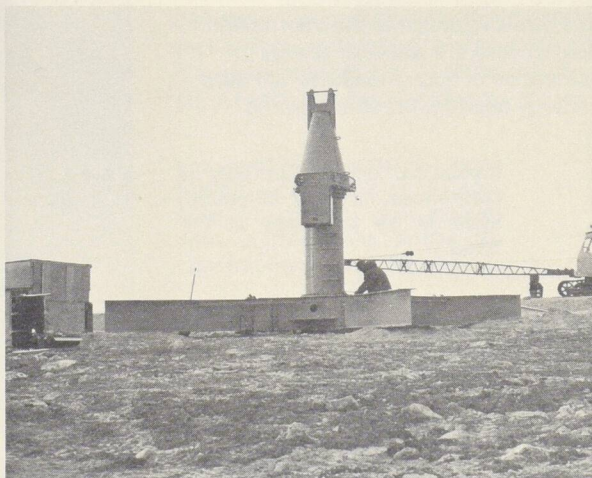
régions pour y produire les aurores diurnes.

Les fusées ont été lancées par la Direction des installations de recherche spatiale (DIRS) du Conseil national de recherches du Canada. Elles étaient équipées pour faire 18 expériences: six pour le CNRC, cinq pour l'Université York de Toronto, deux pour l'Université de la Saskatchewan à Saskatoon, deux pour l'Université de Liège en Belgique, deux pour le service de l'Environnement atmosphérique au Ministère canadien de l'Environnement et une pour l'Université de Tokyo. Les expériences visaient à mesurer les profils des densités électroniques, des températures électroniques, des taux d'émission ionique et des champs électriques et magnétiques dans le repli. On espère que ces données expérimentales permettront aux scientifiques d'approfondir leurs connaissances sur la haute atmosphère diurne.

La Direction des installations de recherche spatiale a pour mission d'aider les scientifiques canadiens en assurant certains services liés à l'utilisation de fusées-sondes, de ballons et d'instruments au sol pour faire des recherches dans la haute atmosphère et dans l'espace. Ces services comprennent principalement la fourniture des moteurs-fusées, des charges utiles et de leurs instruments ainsi que les services techniques, la planification, l'étude et le fonctionnement d'installations de lancement temporaires ou permanentes, l'acquisition et l'enregistrement de données scientifiques et la conversion de ces données sous des formes immédiatement utilisables par les scientifiques.

Avec ces lancements de décembre dernier, le nombre total des lancements canadiens de fusées-sondes scientifiques, depuis 1957, s'élève à 210. La DIRS a, à ce jour, participé à 142 lancements de fusées qui ont permis de faire des expériences pour le Canada, les États-Unis, la Suède, la République fédérale d'Allemagne, la Tchécoslovaquie, le Royaume-Uni, la Belgique et le Japon. □

Ci-dessus et de gauche à droite: les équipements et les approvisionnements pour le lancement sont transportés de Hay River, dans les Territoires du Nord-Ouest, sur le fleuve Mackenzie, par la "Northern Transportation Co. Ltd" • Installation des poutres en croix de la plate-forme de lancement à Cape Parry • Installation du socle • La plate-forme et l'enceinte de chauffage en place • Installation de la rampe et du dispositif de réglage en site • La plate-forme montée, l'équipement de chauffage et la charpente de l'abri portatif • Les installations de lancement, l'enceinte de chauffage et l'abri bâché • Le poste de commandement et de télémétrie, l'antenne de télémétrie, le mât météorologique, la hutte du transformateur et celle du générateur de secours.



Two-day seminar/workshops— Energy conservation and building design

The rapid rise in the price of oil, gas and electricity in the last year has focussed attention on energy conservation.

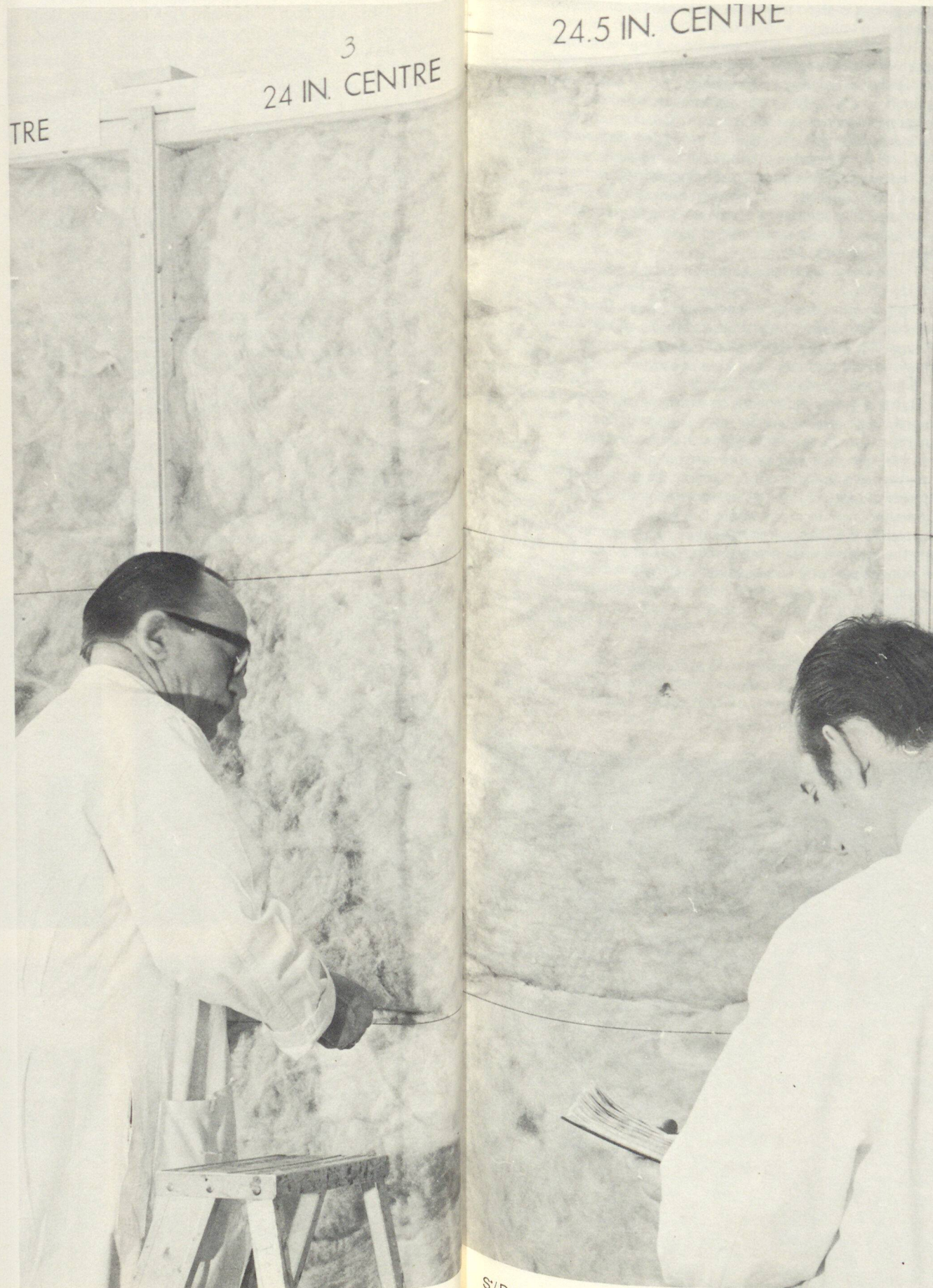
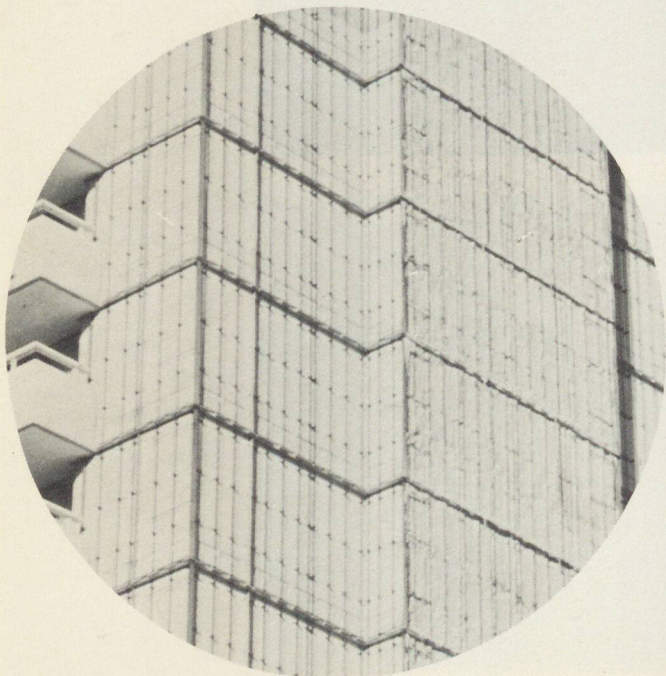
During the last 10 years, and more particularly in the last three, the National Research Council of Canada's Division of Building Research and the federal Department of Public Works have worked in close association, the former on the development of techniques for use in analysis of energy utilization in buildings and the latter on the application of this information for design decisions in new buildings and in the operation of existing buildings.

Today, about 20 per cent of all the energy used in Canada goes for heating more than six million residences and other domestic uses such as lighting, cooking, heating water and operating appliances. Another 14 per cent is used in commercial buildings. Total cost to the consumer for this energy in 1974 was some \$4 billion.

It is estimated that about one-third of the energy used in buildings could be saved by using more insulation and better windows, by using fewer lights and turning lights off when rooms are not in use, and by using more efficient heating and air conditioning systems. Much of the technology required to achieve these savings is already available and current research is providing refinements and evaluating new techniques. The principal need is to get the available technology into widespread use.

To this end, the Division, in conjunction with the Department of Public Works, presented two-day Seminar/Workshops last Fall on "Energy Conservation and Building Design" in six centres across Canada. Attendance totalled some 800 people directly involved in the design, construction and operations of buildings. Four speakers from the Division of Building Research and the Project Manager of the Energy Analysis Group, Department of Public Works, drew attention to the information and techniques that can help to curb the waste of energy in buildings in the hope that utilization of such measures will curb the rising consumption of energy need for commercial and domestic purposes.

Insulation, once used only in residences, is now commonly used in all buildings in Canada.



S/D 1975

S/D 1975 / 2

La construction repensée Pour économiser l'énergie

Par suite de l'augmentation rapide du prix du pétrole, de l'essence et de l'électricité, l'année dernière, l'attention s'est focalisée sur la conservation de l'énergie.

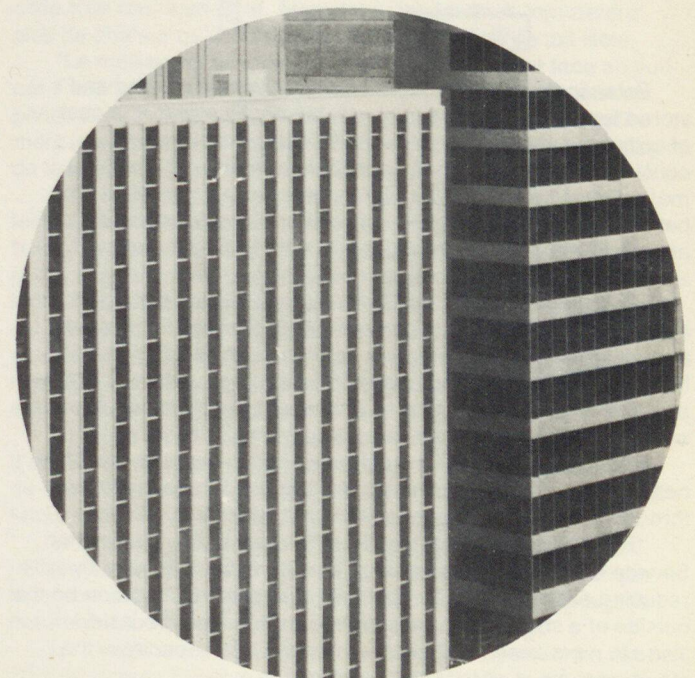
Depuis la dernière décennie et plus particulièrement ces trois dernières années, la Division des recherches en bâtiment du Conseil national de recherches du Canada et le Ministère fédéral des travaux publics collaborent étroitement à la mise au point de techniques d'analyse de l'utilisation de l'énergie dans les bâtiments et à l'application des données obtenues à la construction des nouveaux édifices et aux bâtiments existants.

On estime que l'énergie nécessaire au chauffage, à l'éclairage et au fonctionnement des appareils ménagers de plus de six millions de foyers représente environ 20% du total de la consommation énergétique canadienne et que, si l'on y ajoute les 14% utilisés dans les édifices commerciaux, nous avons dépensé environ 4 milliards de dollars pour payer l'énergie dont nous avons eu besoin en 1974.

On a calculé qu'il est possible de réduire d'environ un tiers la consommation d'énergie des bâtiments en améliorant l'isolation, les fenêtres, les systèmes de climatisation et de chauffage, en réduisant l'éclairage électrique et en éteignant les lumières en sortant des pièces. La technologie indispensable pour réaliser ces économies existe déjà en grande partie et les recherches en cours visent à l'améliorer et à évaluer de nouvelles techniques. Ce qu'il faut avant tout, c'est généraliser l'application des moyens dont on dispose actuellement.

Dans ce but et en collaboration avec le Ministère des travaux publics, la Division des recherches en bâtiment a, au cours de l'automne dernier, présenté dans six villes canadiennes un séminaire de deux jours ayant pour thème "La conservation de l'énergie et la conception des bâtiments" et auquel environ 800 spécialistes de l'étude, de la construction et de la gestion des bâtiments ont participé. Quatre représentants de la Division des recherches en bâtiment et l'ingénieur en chef du Groupe d'analyse énergétique du Ministère des travaux publics ont attiré l'attention des participants sur les données et les techni-

Les matériaux isolants, après n'avoir servi que dans les maisons d'habitation, sont maintenant utilisés dans toutes les constructions canadiennes.



energy conservation

At the present time, oil and natural gas are the principal fuels used for space heating, but supplies are finite and some other source of energy will have to be developed eventually. It is predicted Canada will cease to be self-sufficient in oil production by 1982.

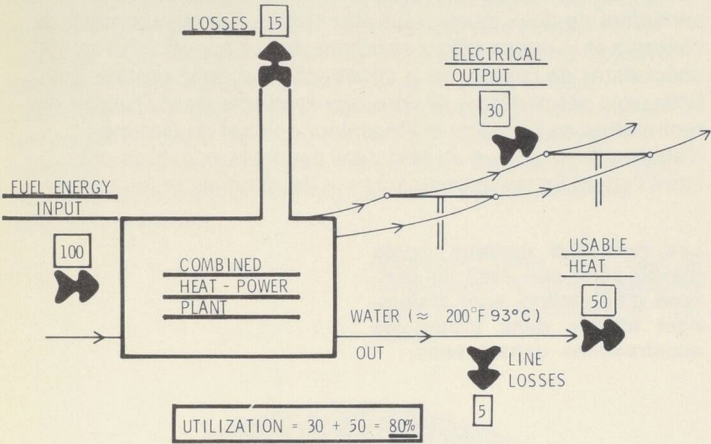
"I think," said Dr. D.G. Stephenson, Head of the Building Services Section of the Division, speaking in Montreal, 21-22 October, "that forecasts show why we should start to think about alternative sources of energy and at the same time take whatever steps we can to conserve our supplies of oil and natural gas."

What are the alternatives?

Electricity produced from coal and uranium is already replacing oil and gas for space heating in some parts of the country and eventually garbage and solar energy will be used as additional sources of energy for heating and cooling buildings. The changeover to these alternatives probably will be well under way by the year 2000.

"New buildings, therefore, should be designed so that they may be switched to new sources of energy during their lifetimes with a minimum of expense and interference," said Dr. Stephenson.

The first three alternate forms of energy involve using a centralized facility to convert fuel energy into heat and some system for distributing heat. Energy can be either in the form of electricity and be distributed by the power system or as heat in hot water or steam. (See diagram).



Solar energy, on the other hand, has to be collected and stored for use when the sun is not shining. However, the cost of collecting and storing "free" solar energy is currently considerably higher than the cost of heat from oil or gas, the major factor being the cost of the collector — from \$4 to \$8 per square foot. A typical house would need a collector area of about half the floor space in order to supply 50 per cent of the annual heating energy requirements.

"Solar energy," said Dr. Stephenson, "will probably come into use as the cost of energy from other sources rises rather than as a result of its own price coming down. It will find its best application in smaller cities and rural areas where it is not practical to use district heating and where the main supply of energy will be distributed in the form of electricity."

Heat loss from a normal detached house is made up of five nearly equal components — air leakage, and the conduction through the walls, windows, ceiling and basement.

"Thus," said Mr. G.O. Handegord, Head of the Information Service Group, "there is an opportunity for saving energy by reducing each of these components. In addition, insulation on the outside of a structure is preferable to having it on the inside since in most cases it allows the heat storage capacity of the structure to be used to best advantage."

Heat loss is also relevant to the durability and safety of buildings.

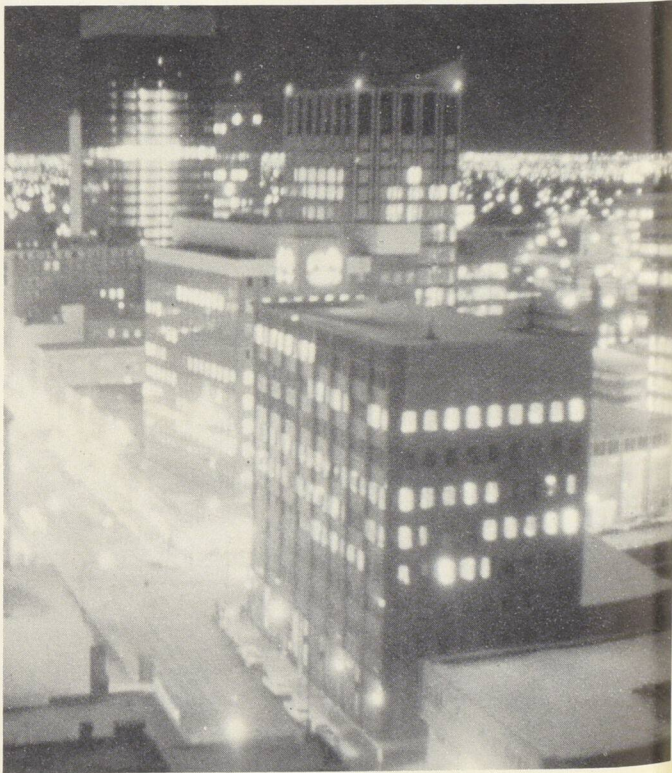
The infiltration of outside air is one of the most important components of the heating and cooling load of buildings, particularly tall buildings. All buildings should be constructed in such a way as to have low air leakage. This helps reduce the energy consumption associated with infiltration and also alleviates other problems such as smoke migration in the event of a fire, and condensation in the walls as the humid room air leaks out. Research on this problem is being carried out in the Division of Building Research in two phases: one involves measuring the air leakage characteristics of real buildings and the other the development of computer-oriented techniques for simulating air movement inside buildings.

Traditionally, windows have been used for natural ventilation and daylighting, but should also be considered as a means for gaining free solar energy, especially in winter. Double windows have twice the thermal resistance of single windows, but still only one-fifth the resistance of an insulated wall. Thus, windows lose more heat than an equal area of insulated wall or roof.

"The best orientation for windows," said Mr. J.R. Sasaki of the Building Services Section, "is facing south. That way they are easy to shade in summer and they admit solar heat in winter to compensate in part for their low thermal resistance."

Lighting constitutes a major component of the power used in commercial buildings. The practice has developed in North America of using high levels of illumination in a building rather than restricting it to areas where it is actually required by the occupants. In winter, when a building requires heat in order to keep the inside environment comfortable, the heat from lights can provide part of the necessary heat input and reduce the load on the heating system. But for much of the year, there is more than enough heat generated within the building and the excess has to be dissipated. This entails a further expenditure of energy.

"Use only as much light as is absolutely necessary and never provide excessive amounts; in this manner lighting does not cause any extra energy consumption," said Mr. G.P. Mitalas of the Building Services Section.



...économiser l'énergie

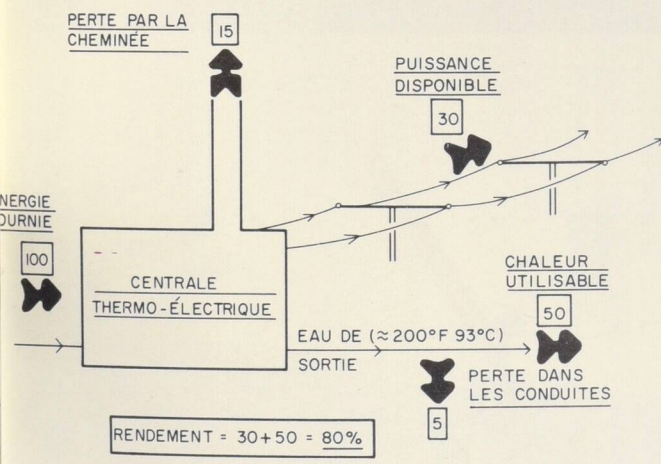
ques dont l'application pourrait contribuer à réduire le gaspillage d'énergie dans les bâtiments et ipso facto à ralentir l'évolution de la consommation énergétique commerciale et domestique.

Le pétrole et le gaz naturel sont actuellement les principaux combustibles utilisés pour chauffer les immeubles et les habitations mais les gisements n'étant pas inépuisables il est nécessaire de trouver de nouvelles sources d'énergie. Selon les prévisions, la production pétrolière canadienne ne suffira plus à assurer les besoins du pays dès 1982.

S'adressant aux spécialistes assistant au séminaire de Montréal des 21 et 22 octobre 1974 le chef de la section des services du bâtiment de la DRB, le Dr D.G. Stephenson, a remarqué: "Je pense que les prévisions montrent pourquoi nous devrions commencer à chercher de nouvelles sources d'énergie et à prendre les mesures nécessaires pour conserver nos réserves de pétrole et de gaz naturel".

Quelles pourraient être ces nouvelles sources d'énergie? Dans certaines parties du pays l'électricité produite à partir du charbon et de l'uranium remplace déjà le pétrole et le gaz pour le chauffage et la climatisation des bâtiments et l'on peut avancer que les ordures ménagères et l'énergie solaire seront éventuellement utilisées comme sources d'appoint. Il y a tout lieu de penser que la transition sera largement amorcée d'ici l'an 2 000 et "c'est la raison pour laquelle les nouveaux édifices doivent être conçus de telle sorte qu'ils puissent, le moment venu et avec un minimum de dépense et d'inconvénients, être alimentés à partir des nouvelles sources d'énergie", nous a dit le Dr Stephenson.

Les trois premières de ces nouvelles sources d'énergie nécessitent des centrales pour transformer le combustible en électricité qui est distribuée par le réseau ou en chaleur sous forme d'eau chaude ou de vapeur (voir le schéma).



D'autre part, l'énergie solaire doit être recueillie et emmagasinée pour être utilisée pendant la nuit et les journées non ensoleillées. Il faut noter qu'il est actuellement considérablement plus onéreux de recueillir et de stocker cette énergie solaire "gratuite" que de tirer de la chaleur du pétrole et du gaz en raison du coût élevé des collecteurs qui est de 4 à 8 dollars le pied carré. Une maison type nécessiterait un collecteur d'une surface

Left:
Lighting constitutes a major component of the power used in commercial buildings. If only as much as is necessary is used, lighting will not cause any extra energy consumption.

A gauche:
Dans les édifices commerciaux, l'éclairage absorbe une grande partie de l'énergie consommée. En réduisant l'éclairage au nécessaire, on peut faire de sérieuses économies d'énergie.

égale à la moitié de la surface totale des planchers pour produire 50% de l'énergie nécessaire au chauffage de la maison pendant une année.

"Ce sera probablement plus à cause de l'augmentation du prix des produits énergétiques traditionnels qu'à une réduction des prix de l'énergie solaire qu'on en viendra à utiliser cette dernière. C'est dans les petites agglomérations et les zones rurales qu'elle trouvera sa meilleure application, là où il n'est ni rentable ni possible de recourir au chauffage urbain et où la principale source d'énergie sera distribuée sous forme d'électricité", nous a dit le Dr Stephenson.

Les pertes de chaleur d'une maison individuelle de type courant sont dues, dans des proportions sensiblement égales, aux fuites d'air, à la conduction à travers les murs, aux fenêtres, au plafond et au sous-sol.

"Nous voyons donc que nous avons là le moyen d'économiser de l'énergie en réduisant l'incidence de chacun de ces éléments et qu'il serait d'autre part plus avantageux d'isoler l'extérieur d'une structure plutôt que l'intérieur puisque dans la plupart des cas cette technique permet une meilleure conservation de la chaleur", nous a dit M. G.O. Handegord, chef du Groupe des services d'information de la Division.

La durabilité et la sécurité des bâtiments sont également fonction de leur isolation thermique.

Il est souhaitable que tous les bâtiments soient bien étanches à l'air afin de diminuer les charges dues au chauffage ou à la climatisation, surtout dans les édifices de grande hauteur. En outre, une bonne étanchéité réduit les besoins énergétiques, les risques d'enfumage en cas d'incendie et la condensation dans les murs si l'air humide de l'intérieur réussit à s'échapper par des fissures ou par des trous. Les chercheurs de la Division des recherches en bâtiment ont entrepris de résoudre ce dernier problème en deux phases: la première consiste à mesurer les caractéristiques des fuites d'air dans des bâtiments réels et la seconde à mettre au point des techniques permettant de simuler, à l'aide d'ordinateurs, les mouvements de l'air à l'intérieur des bâtiments.

La fonction des fenêtres a toujours été d'assurer une aération et un éclairage naturels mais il serait maintenant possible de les utiliser pour exploiter l'énergie fournie gratuitement par le soleil, particulièrement en hiver. Les fenêtres doubles donnent une isolation thermique deux fois supérieure à celle des fenêtres simples mais cette isolation est toutefois cinq fois moindre que celle d'un mur bien isolé. Ainsi donc, les fenêtres font perdre plus de chaleur qu'une surface égale de mur ou de toit isolé.

"Le meilleur emplacement pour les fenêtres est face au sud car il est facile de les protéger du soleil en été et elles laissent pénétrer la chaleur solaire en hiver pour compenser partiellement leur faible résistance thermique", nous a dit M. J.R. Sasaki, de la section des services du bâtiment de la DRB.

Une importante partie de l'énergie électrique utilisée dans les édifices commerciaux sert à l'éclairage. En Amérique du Nord, on a pris l'habitude d'éclairer abondamment les bâtiments plutôt que de limiter l'éclairage aux zones où il est absolument indispensable à ses occupants. En hiver, lorsque le chauffage est nécessaire, l'éclairage électrique peut y contribuer et réduire ainsi la charge des appareils mais pendant la majeure partie de l'année il y a un excès de chaleur qu'il faut dissiper et qui entraîne une dépense supplémentaire d'énergie.

"Il faut n'utiliser que l'éclairage strictement nécessaire car c'est une erreur de croire que l'on peut réaliser une économie de chauffage avec un éclairage surabondant", nous a dit M. G.P. Mitalas, de la section des services du bâtiment.

La chaleur provenant de l'éclairage électrique peut être utilisée ou dissipée avec un minimum de dépense énergétique si les installations sont bien ventilées mais disons que l'éclairage naturel est toujours préférable à l'éclairage artificiel.

La température convenant à la plupart des personnes est de 70 à 80 degrés Fahrenheit (de 21 à 27°C) avec une humidité

energy conservation

Computer simulation aids architects and engineers in improving the design and energy utilization of buildings.

The heat from lights can be utilized or readily disposed of with a minimum expenditure of energy if the air leaving the space passes through the light fixtures. However, daylight should be utilized whenever it is available.

Most people are comfortable in a temperature range between 21°C to 27°C and a relative humidity between 20 and 70 per cent.

"Energy savings," said Mr. Handegord, "can be achieved by utilizing this whole range of conditions as opposed to always maintaining conditions at or near the centre of this comfort zone."

However, the comfort zone is different for different situations, for example, the temperature range is lower for people who are sleeping.

"This means," pointed out Mr. Handegord, "that night setback of thermostats is acceptable and can result in worthwhile savings."

A tight tolerance on humidity in a space forces the air conditioning system designer to use an all-air type of system which has a high energy consumption and takes a great deal of valuable space for the large air ducts.

"The question of whether to use an air or water system to transport heat also depends in part on whether it is more economical to use 'free cooling' or heat recovery with a heat pump. Both can reduce the building energy consumption, but they are not mutually compatible: free cooling precludes the use of a heat pump to transfer heat from one zone to another," said Dr. Stephenson.

However, it is possible to get some heat recovery with all-air systems by using heat exchangers between the intake and exhaust air streams. Benefits can be obtained by using heat storage tanks in conjunction with heat pumps.

A heat pump and a solar heat collector can be used advantageously together.

"But," said Mr. Sasaki, "the high capital investment involved in this arrangement makes it impractical at the present prices for heat. However, this may be the way of the future when the price of oil, gas and electricity will be much higher than they are today."

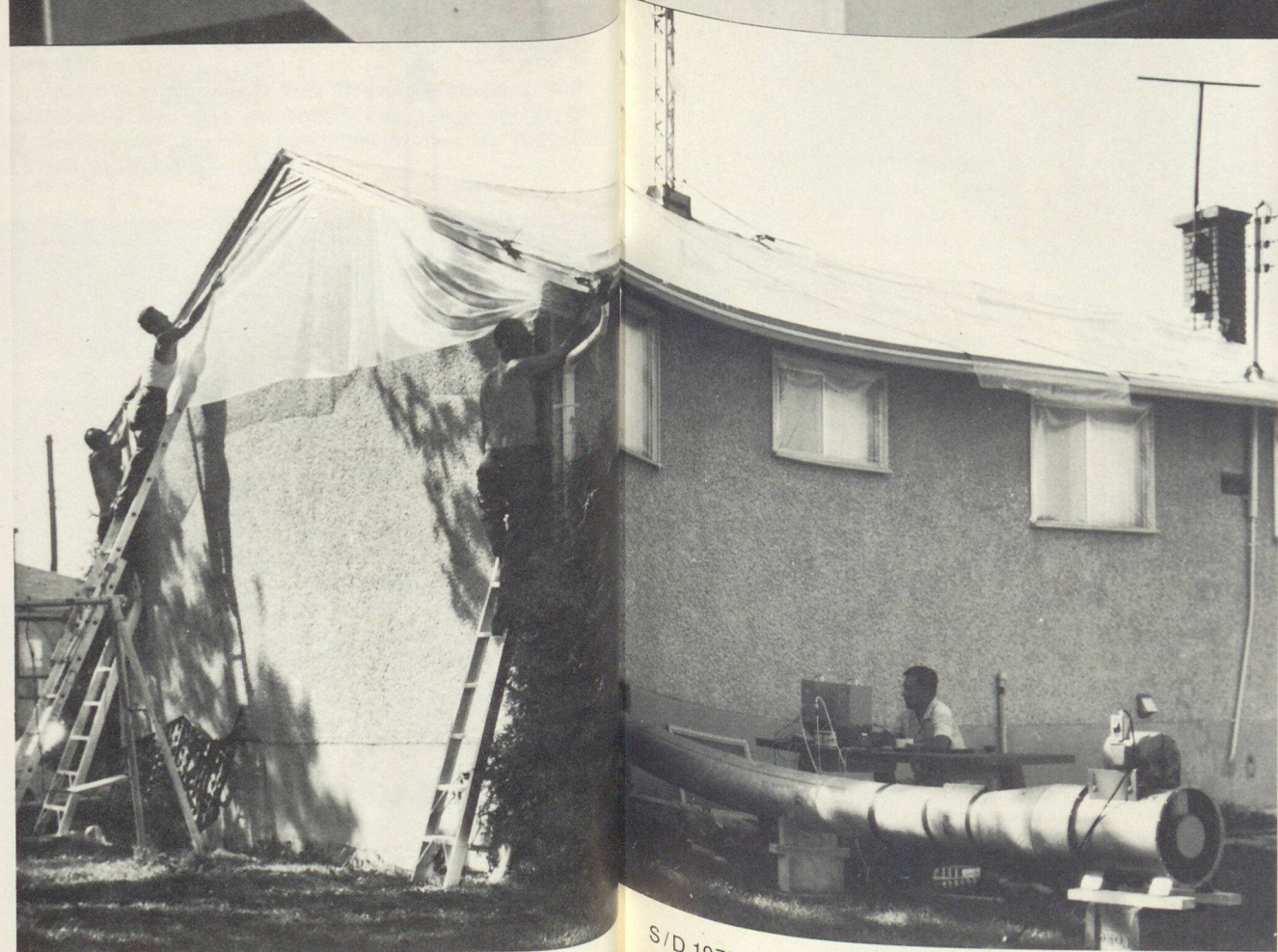
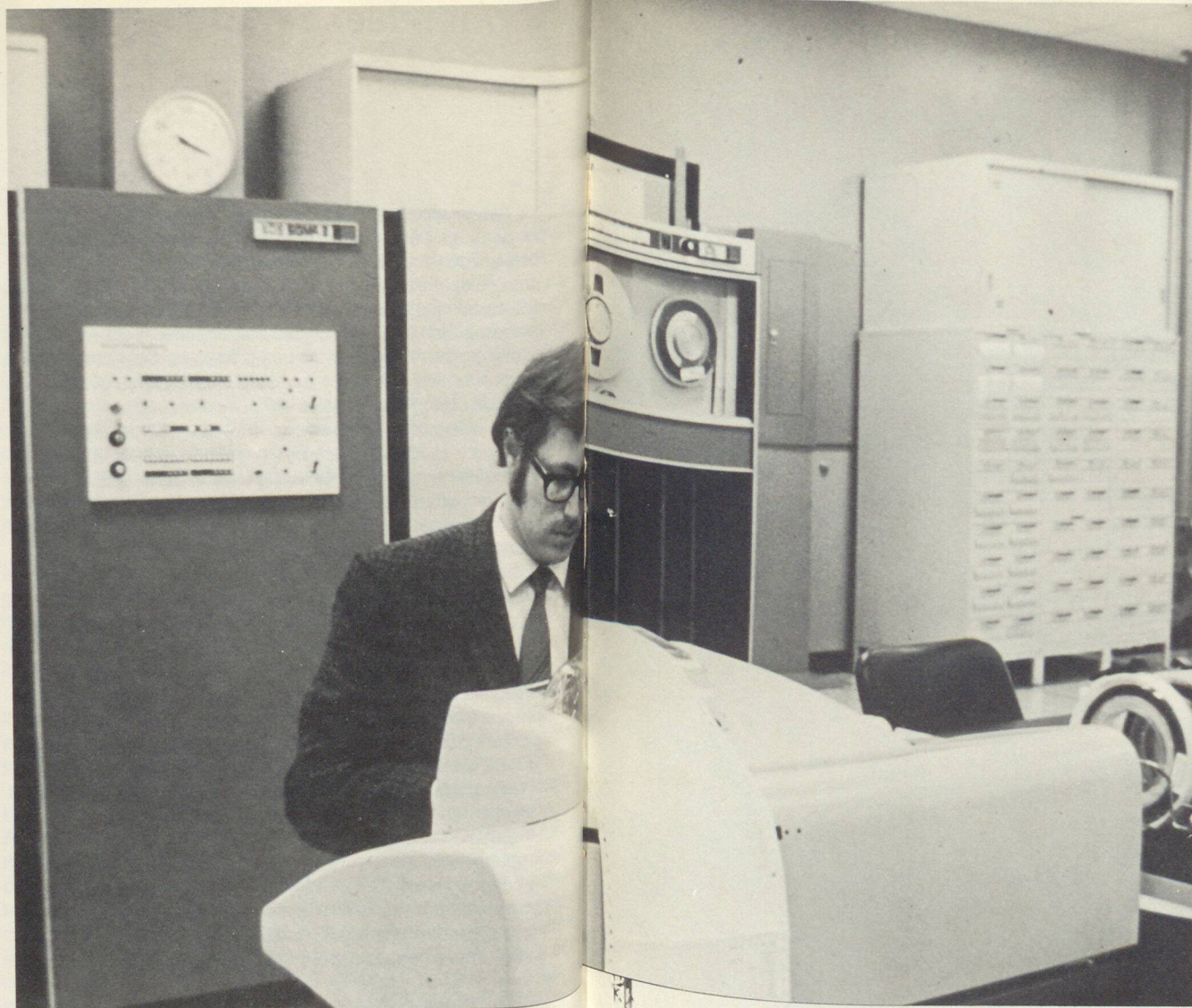
"The interest of Public Works in the efficient use of energy for its buildings," said Mr. S. Mikhail, "has been dictated by past and by projected energy bills rather than by the recent energy crisis."

The annual cost of energy used to heat and cool federal government buildings has increased steadily over the years with current costs running around \$34 million. Present indications are that this figure will reach some \$250 million in 10 years' time.

One study carried out by the Department has indicated that the cost of energy during the projected life-cycle of a building is about five times the capital cost of its mechanical systems and is the largest single factor in the total annual owning and operating cost. The Department is currently carrying out analysis of existing and new buildings and their systems using thermodynamic modelling and computer techniques in order to obtain a better evaluation of the energy consumption and life-cycle cost / analysis.

"Energy used in buildings can be reduced by good design and by good operating techniques," said Mr. Mikhail, "and in many cases at no additional capital costs." □ **Joan Powers Rickerd**

Engineers measure air leakage characteristics through the basement, walls, windows and ceilings of a bungalow. The heat loss associated with air leakage represents between 20 to 40 per cent of the total heat loss from most buildings.



...économiser l'énergie

Les modèles mathématiques peuvent grandement aider les architectes et les ingénieurs à réduire la consommation d'énergie dans les constructions.

relative de 20 à 70%.

"On peut économiser de l'énergie en observant les règles qui précèdent au lieu d'essayer de se maintenir toujours aussi près que possible de ces valeurs moyennes", nous a dit M. Handegord.

Naturellement, ces valeurs moyennes varient en fonction de l'activité et l'on sait par exemple qu'il vaut mieux réduire la température dans les chambres à coucher et M. Handegord d'ajouter: "Cela signifie que l'on peut régler les thermostats pour la nuit et réaliser ainsi une économie substantielle d'énergie".

Des tolérances hygrométriques rigoureuses pour un espace donné conduisent à utiliser un système de climatisation n'utilisant que l'air, consommant énormément d'énergie et nécessitant beaucoup d'espace pour le montage de conduites d'air de large section.

Écoutons le Dr Stephenson: "Le choix entre l'air ou l'eau comme véhicule de la chaleur sera également dicté par un souci d'économie. On choisira donc entre le "refroidissement libre" et la récupération de la chaleur au moyen d'une pompe thermique. Les deux méthodes permettent de réduire la consommation énergétique mais elles ne sont pas nécessairement compatibles car le refroidissement libre interdit l'utilisation d'une pompe thermique pour transférer la chaleur d'une zone dans l'autre".

Il est cependant possible de récupérer une partie de la chaleur à l'aide du système de chauffage avec des échangeurs de chaleur entre l'entrée et la sortie des circuits d'air et il peut être intéressant d'associer des réservoirs de chaleur à des pompes thermiques.

L'association d'un collecteur de chaleur solaire et d'une pompe thermique peut également être avantageuse mais "il faut souligner que cette installation exige des investissements élevés qui, au prix actuel du chauffage, en exclut l'emploi. Toutefois, on l'adoptera peut-être à l'avenir lorsque le prix du pétrole, du gaz et de l'électricité sera beaucoup plus élevé qu'il ne l'est", nous a dit M. Sasaki.

"C'est l'expérience passée et la projection des coûts plutôt que la récente crise qui ont conduit le Ministère des travaux publics à s'intéresser à une utilisation rationnelle de l'énergie", nous a dit M. S. Mikhail.

Les frais annuels de chauffage et de climatisation des locaux du gouvernement fédéral ont régulièrement augmenté au cours des années et atteignent actuellement environ 34 millions de dollars. Il y a tout lieu de penser que cette somme s'élèvera à 250 millions de dollars dans dix ans.

Une étude faite par le ministère a montré que le coût de l'énergie dépensée est égal à cinq fois celui des équipements installés et que, de ce fait, il représente la plus grande partie du prix de revient annuel d'un bâtiment. Le ministère étudie actuellement les vieux bâtiments et les nouveaux ainsi que leurs systèmes de chauffage et de climatisation en se servant de modèles thermodynamiques et d'ordinateurs pour obtenir une meilleure évaluation de la consommation énergétique et une analyse des coûts en fonction de l'endurance des équipements.

M. Mikhail a conclu en disant qu'il est possible de réduire la consommation énergétique des bâtiments grâce à une conception et une exploitation rationnelles et, dans de nombreux cas, sans augmenter les investissements. □

Des ingénieurs mesurent l'air qui parvient à pénétrer dans une maisonnette par les fenêtres, le sous-sol, les murs et le plafond. Cet air froid est la cause de 20 à 40% de la perte totale de chaleur de la plupart des bâtiments.



Radio galaxies— The astronomers' quest continues

The twentieth century has seen dramatic breakthroughs in the saga of man's quest to coax out the secrets of the heavens.

"The present is as exciting a time to be an astronomer as the period some 365 years ago following Galileo's discovery that lenses in a tube could fantastically enhance our ability to see what's going on out there," confirms astrophysicist Dr. Alan Bridle of Queen's University.

With the support of an NRC Operating Grant, he and Dr. George Brandie are investigating radio galaxies, groups of objects which for some reason have become extremely powerful sources of radio emission. A partner in this work is Dr. Edward Fomalont of the National Radio Astronomy Observatory at Green Bank, West Virginia.

Normal galactic systems radiate more energy in the form of light than in the form of radio waves. In our own galaxy, the Milky Way, radio waves have been detected in association with flares on the sun and exploding stars. However, the main part of the energy output of earth's galaxy is in optical radiation (light) and, particularly toward the centre of the galaxy, in infrared radiation.

Early comparisons of radiotelescope observations with optical findings showed that many of the strong extragalactic radio sources were associated with known optical systems.

"From the moment when the radio sources first began to be optically identified," says Dr. Bridle, "astronomers could see that the rate at which some of these systems are emitting energy in the radio range was greater than the rate at which they radiate energy of other forms, such as the light from their stars. This suggested an intriguing problem of energy release in the universe. Normal stellar optical emission basically uses energy derived from thermonuclear fusion, a process which is exceedingly energy-efficient per gram of material. To be emitting such tremendous radio luminosity, on the other hand, the systems we are studying may have tapped an even more abundant energy source in nature.

"A second intriguing thing about these systems," he continues, "is that, typically, the radio sources associated with radio galaxies are not single radio emitters, but double ones. What we generally find is an optical galaxy with a double radio source positioned quite a number of galaxy diameters beyond it and straddling it. Some of the structures are more complicated than that, but an overall bifurcation of the source is a characteristic feature.

"Presumably, to produce this radiation, charged particles are being accelerated in considerable numbers from the centre of the galaxy to both components of the radio source. We want to

Left:

Although astronomy is regarded by most historians as the most ancient of man's scientific pursuits, it was not until 1609 that anyone used technology to extend human powers of observation to the skies. In that year Galileo Galilei, who was working in Venice as a professor of mathematics, used the idea of a "spy-glass" developed by spectacle-makers from Flanders to examine the heavens in far greater detail than anyone before him.

A gauche:

Quoique les historiens, pour la plupart, considèrent l'astronomie comme étant une activité scientifique très ancienne, ce n'est qu'à partir de 1609 que les moyens d'observation de l'homme ont augmenté de puissance grâce à la technologie. Cette année-là, en effet, Galilée enseignait les mathématiques à Venise et il s'est servi d'une longue-vue mise au point par des fabricants de lunettes des Flandres pour examiner le ciel et en tirer des enseignements beaucoup plus détaillés que ses prédécesseurs.

Les radiogalaxies Les astronomes continuent de chercher

Durant le vingtième siècle, l'homme a fait des progrès remarquables pour découvrir les secrets des profondeurs célestes.

Le Dr Alan Bridle, astrophysicien à l'Université Queen's, nous a dit: "Aujourd'hui, il est tout aussi passionnant d'être astronome qu'il y a 365 ans après l'invention de la lunette astronomique par Galilée, lunette grâce à laquelle on a pu voir beaucoup mieux les corps célestes connus et en découvrir beaucoup d'autres."

Grâce à une subvention du CNRC, le Dr Alan Bridle et le Dr George Brandie étudient les radiogalaxies, c'est-à-dire les corps célestes qui émettent beaucoup d'énergie sur des longueurs d'ondes radio. Le Dr Edward Fomalont, de l'Observatoire national de radioastronomie de Green Bank, en Virginie-Occidentale, participe à ces travaux.

Les systèmes galactiques normaux émettent plus d'énergie sous la forme d'ondes visibles, c'est-à-dire de lumière, que sous la forme d'ondes radio. Dans notre propre galaxie, appelée "Voie lactée", des ondes radio ont été détectées au moment des éruptions solaires et des explosions d'étoiles mais l'essentiel de l'énergie émise se trouve dans le visible et aussi, surtout au centre, dans l'infrarouge.

Dès la découverte des radiosources on s'est aperçu que ces émissions proviennent de corps célestes déjà repérés par des moyens optiques.

Le Dr Bridle nous a dit: "Dès que ces sources radio ont été identifiées optiquement, les astronomes ont pu s'apercevoir que l'énergie émise dans la gamme radio était plus grande que celle émise par leur étoile dans le visible. De ce fait, un problème passionnant d'émission énergétique dans l'univers se posait. Les émissions optiques normales proviennent de la fusion nucléaire, processus extrêmement efficace lorsque l'on évalue l'énergie émise par gramme de matériau. On suppose donc que, pour émettre une si grande quantité d'énergie dans la gamme radio, les systèmes que nous étudions doivent utiliser une plus grande source énergétique."

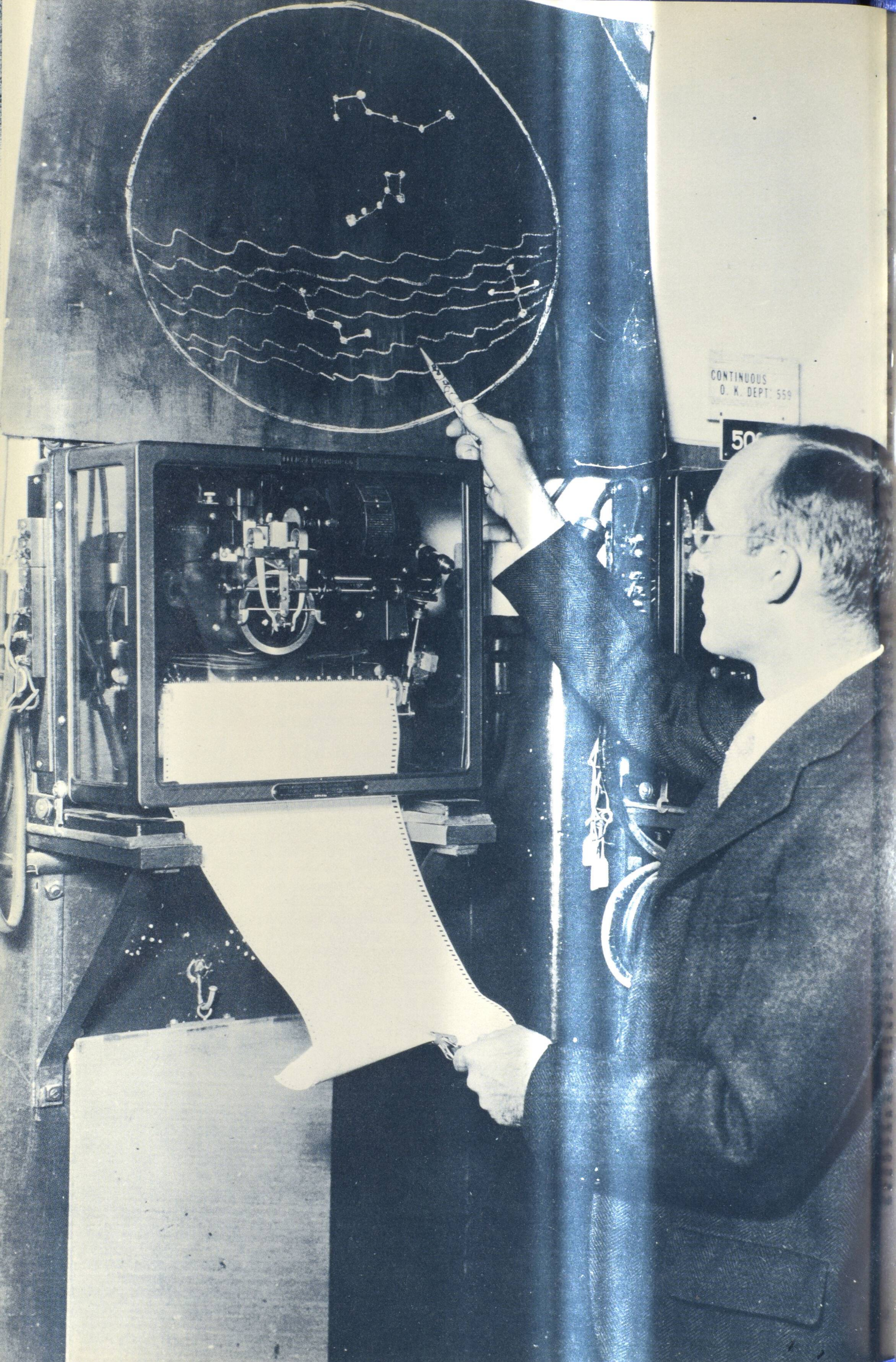
"Ces systèmes sont aussi passionnants à étudier parce que les radiogalaxies ont des centres jumelés d'émission ce qui fait qu'une galaxie repérée optiquement a deux sources radio symétriques par rapport au centre optique et à une distance du centre égale à plusieurs fois le diamètre optique de la galaxie. Certaines radiogalaxies sont encore plus compliquées mais on peut dire que, généralement, les sources radio se trouvent par paires."

"On peut présumer que pour produire ce rayonnement, les particules chargées doivent être accélérées en très grand nombre du centre de la galaxie vers les deux sources radio extérieures. Nous voulons savoir comment ces particules y parviennent en très grand nombre pour pouvoir produire cette énorme intensité radio et quelle est la source énergétique à l'origine du processus dans la galaxie."

Les astronomes ont établi des théories visant à expliquer pourquoi une galaxie devient une source radio double aussi puissante.

Selon certaines hypothèses, l'explication pourrait se trouver dans l'évolution d'un champ magnétique au cours de la formation de la galaxie, c'est-à-dire lorsqu'un grand nuage de gaz se contracte par gravitation et commence à tourner sur lui-même à vitesse de plus en plus grande. Selon ce modèle, l'énergie de rotation pourrait être convertie en particules chargées du fait que le champ magnétique se déforme pour donner une configuration qui accélère les particules.

Selon une autre théorie, de nombreuses étoiles massives pourraient naître au centre de chacune de ces galaxies. Ces étoiles passeraient alors rapidement par les étapes de leur évolution pour donner soit de grandes supernovae, c'est-à-dire des étoiles qui explosent, ou de grands pulsars, c'est-à-dire des sources radio puissantes à émissions périodiques. L'énergie



CONTINUOUS
O. W. DEPT. 559

50

now how the particles get there in the numbers necessary to produce such huge radio luminosities and what energy supply the galaxy is being tapped in the process."

Astronomers have put forth many theoretical proposals for what might make a galaxy become a powerful double radio source.

One group of hypotheses attempts to explain this in terms of what might happen to a magnetic field during the formation of a galaxy, by the collapse of a massive gas cloud under gravity as it starts to spin at an accelerating rate. According to this model, the rotational energy could be converted into charged particles as a result of deformation of the magnetic field into a configuration where it could accelerate particles.

Another theory suggests that very large numbers of massive stars may be produced in the centres of these galaxies. These stars would then quickly pass through the various stages of their evolution to produce either large supernovae (exploding stars) or large pulsars (strong pulsed radio sources). Energy from the gravitational collapse which would accompany this evolution might be the source of low-frequency electromagnetic radiation which would propagate out from the galaxy. This energy would accelerate particles from the intergalactic medium (gas still dispersed between the galaxies) or from the outer reaches of the galaxy, to create a sort of tunnel; particles and radiation might pile up at its ends.

A third theory proposes that, as galaxies form, there is a tendency for matter to accumulate in the very centre of the configuration, forming a compact region called the nucleus. A number of massive bodies may group together and orbit around one another in the nucleus. It may be possible for them to perturb one another's orbits, thereby creating a "gravitational slingshot" which might occasionally eject pairs of extremely massive and active objects in opposite directions.

"In each of these general scenarios," comments Dr. Bridle, "the method for making the source double, that is, for producing the two radio emitting regions, is quite different. The magnetic theory relies on the rotation of the galaxy and the deformation of a magnetic field. This suggests that particles would be accelerated along the rotational axis of the galaxy so that the radio emission should come from regions at opposite ends of the rotational axis of the original object.

"In contrast with that, in the gravitational slingshot idea, objects would most likely be ejected from the equator of a rotat-

née de la contraction gravitationnelle qui accompagnerait cette évolution pourrait être la source de rayonnements électromagnétiques de faible fréquence émanant de la galaxie. Cette énergie accélérerait les particules du milieu interstellaire, c'est-à-dire les gaz dispersés d'un bout à l'autre de la galaxie, ou des confins de la galaxie, pour créer une configuration dans laquelle les particules et les rayonnements pourraient s'accumuler aux extrémités.

Selon une troisième théorie, la matière aurait tendance à s'accumuler au centre de la configuration au moment de la formation de la galaxie et il se formerait ainsi une région compacte appelée noyau. Un certain nombre de corps massifs pourraient tourner sur différentes orbites autour d'un noyau. Il serait également possible que les orbites des uns perturbent les orbites des autres et, de ce fait, produisent des forces qui pourraient être suffisantes pour que, de temps à autre, des corps extrêmement "lourds" soit projetés par paires à l'extérieur de la galaxie et dans des directions opposées.

Le Dr Bridle a fait le commentaire suivant: "La manière dont la source double naît est tout à fait différente suivant chacune de ces trois théories. Dans la théorie basée sur le magnétisme on fait entrer en ligne de compte la rotation de la galaxie et la déformation d'un champ magnétique ce qui conduit à penser que les particules devraient être accélérées le long de l'axe de rotation de la galaxie de sorte que l'émission radio proviendrait des régions situées sur cet axe de part et d'autre de la galaxie."

La théorie gravitationnelle, au contraire, conduit à penser que les éjections se produiraient dans le plan de l'équateur de la galaxie en rotation et, finalement, "l'image" liée aux ondes de faible fréquence est surtout basée sur la répartition massique de la galaxie comme facteur contrôlant la propagation des ondes dans différentes directions."

Depuis la découverte, en 1932, que les radiations dans la gamme radio proviennent de l'espace, plus de 20 000 sources radio ont été identifiées et localisées sur des cartes du ciel. Le Dr Bridle, le Dr Brandie et le Dr Fomalont ont suivi la documentation radioastronomique pour trouver quelles sont les galaxies optiques qui sont liées à des sources radio. De cette manière, ils ont pu isoler environ 1 300 systèmes.

Ils ont étudié ensuite les photographies du "Palomar Sky Survey" pour déterminer quelles sont les galaxies optiques qui sont liées à des sources radio pour en déterminer les types. Il est à noter que le "Palomar Survey" a été obtenu avec une camera Schmidt de 48 pouces (122 cm) au Mont Palomar, en Californie, et qu'il constitue le document le plus vaste et le plus détaillé des observations optiques du ciel.

"Certaines sources radio sont associées à des galaxies spirales comme la nôtre", nous a dit le Dr Bridle. "Mais les radiosources vraiment puissantes qui nous intéressent ont tendance à être associées à des galaxies elliptiques géantes. Pour cette raison nous avons éliminé les systèmes apparaissant en spirales ou en cercles sur les plaques du Mont Palomar. Nous avons mesuré les orientations des galaxies non circulaires et dont l'image était nette, c'est-à-dire sans contours flous du fait d'étoiles dans le voisinage."

"Pour cette phase de nos recherches nous nous servons de l'interféromètre à quatre éléments de l'Observatoire national de radioastronomie de Green Bank, en Virginie-Occidentale. Cet instrument nous permet de faire des mesures très précises des structures des radiosources que l'on suppose associées avec des galaxies mesurables optiquement."

"Notre but ultime est de comparer l'orientation des radiosources avec celle des galaxies optiques correspondantes. Cette comparaison devrait nous permettre de déterminer si les radiosources se sont produites le long des axes de rotation des galaxies, ou dans le plan de leurs équateurs, ou encore d'une autre manière. Il est possible que les galaxies ayant des intensités semblables ont eu cependant différents comportements. Nous espérons que cette comparaison nous permettra

the late Karl Jansky of Bell Laboratories in New Jersey points to the position on a chart where radio noises from space were first heard. While attempting to pinpoint the source of noise interfering with radiotelephone service in 1932, Jansky detected a peculiar hissing sound coming from the area of the Milky Way. Later this was identified as radio signals generated by the natural processes occurring in stars and galaxies. His discovery resulted in the science of radio astronomy, which studies the heavens by listening to radio waves.

Les bruits radio provenant du ciel ont été repérés pour la première fois par le regretté Karl Jansky, des "Bell Laboratories", dans le New Jersey, et que l'on voit ici indiquant la position de la source dans le ciel. C'est en 1932, alors qu'il tentait de repérer une source de bruit interférant avec le service radiotéléphonique que Jansky a détecté un sifflement particulier provenant de la région de la Voie lactée. Plus tard, ce sifflement a été identifié comme étant des émanations radio nées de processus naturels se produisant dans les étoiles et les galaxies. C'est cette découverte qui a donné naissance à la radio-astronomie, science qui consiste à étudier les émissions radio provenant de la voûte céleste.

ing galaxy. Finally, the low-frequency wave picture relies more on the mass distribution of the galaxy as the factor which controls the ease of wave propagation in different directions."

Since the discovery in 1932 that radiation in the radio range of the electromagnetic spectrum was coming to Earth from space, more than 20,000 radio sources have been charted. Drs. Bridle, Brandie and Fomalont surveyed the radioastronomy literature to find every recorded identification of a radio source with an optical galaxy. Some 1,300 systems were isolated in this manner.

They then located the optical galaxy associated with each radio source on Palomar Sky Survey prints, to determine what type of galaxy it was. The Palomar Survey, made with the 48-inch (1.2 m) Schmidt camera on Palomar Mountain in California, is the most comprehensive record of the optical sky that has ever been assembled.

"Some radio sources have turned out to be associated with spiral galaxies, like our own," reports Dr. Bridle. "But the really powerful radio sources which interest us tend to be associated with giant elliptical galaxies. For that reason we eliminated those systems where we found a spiral or circular image on the Palomar plates. If the galaxy turned out to be sufficiently different from the circular type and not confused by images from other objects such as stars, we decided to measure its orientation.

"For this phase of our research, we are using the four-element interferometer at the National Radio Astronomy Observatory at Green Bank, West Virginia. From it we are making very accurate measurements of the structures of the radio sources allegedly associated with optically-measurable galaxies.

"Ultimately, we want to compare the orientation of each radio source with the orientation of the associated optical galaxy. This comparison should show whether the radio sources have come out either along the rotational axes of the galaxies, along their rotation equators, or neither of these. It is possible that galaxies of a certain luminosity have acted one way and others another way. We hope that this comparison will enable us to cut through to a sharper model. At least, we hope to narrow down the range of theoretical possibilities.

"In getting these observations," Dr. Bridle continues, "we will be learning such things as the size of the individual radio components compared with the distances they have travelled outside the galaxy. It will then be possible to compare that kind of parameter with what the theoretical models of source evolution predict.

"Our hope," he affirms, "is that something like a year from now we'll have measured some 400 to 500 radio galaxies for their radio emission and have the orientation of the associated optical objects determined from the Sky Survey plates. We will then start the process of narrowing down to just which physical mechanism might be responsible for the source.

"If we can only pin down what kind of energy supply has been tapped, and whether it is through something like a gravitational slingshot or magnetic field deformation, we will pursue that theoretical framework more fully. Eventually, it may enable us to predict some of the other observable features of the galaxy such as the size and separation of the two components."

□ **Bruce Henry**

d'établir un modèle plus précis. Nous espérons au moins limiter les possibilités théoriques."

Le Dr Bridle a continué: "En faisant ces mesures nous pensons arriver à déterminer les dimensions des différentes composantes radio par rapport aux distances les séparant du centre de la galaxie. Il sera alors possible de comparer ce type de paramètre avec ce que donnent les théories sur l'évolution des sources."

"Nous espérons", affirme-t-il, "avoir terminé ces mesures sur 400 à 500 radiogalaxies d'ici l'année prochaine en nous basant sur les émissions radio et avoir déterminé l'orientation des objets optiques associés aux radiosources selon le "Palomar Sky Survey". C'est alors que nous commencerons à mieux définir les mécanismes physiques à l'origine de ces sources."

"Si nous pouvons déterminer quelle sorte d'énergie est à l'origine de ces émissions et s'il s'agit somme toute d'une éjection dans le plan de l'équateur, ou d'une déformation du champ magnétique, nous poursuivrons plus en détail l'édifice théorique. Eventuellement, il est possible que nous puissions prévoir certaines autres caractéristiques comme les dimensions et le dédoublement." □

Right:

An example of the raw data from which today's astronomers work, this contour map (top) depicts the radio brightness distribution of an elliptical radio galaxy in the constellation Pegasus. It was made from measurements at a radio frequency of 2.7 GHz obtained with the NRAO interferometer at Green Bank, West Virginia. Dr. Alan Bridle explains: "It is a fairly typical radio structure, showing two bright 'knots' of radio emission on the outer edges of the structure, with fainter and more diffuse emission closer to the optical galaxy. Small kinks in the contours are due to imperfections in the computer print-out (we're working with a desktop model) and are not real." The position, size and orientation of the optically-visible galaxy are indicated by the magenta ellipse. It is asymmetrically situated in the radio structure, not an uncommon occurrence. The angular scale is indicated by the peripheral axis marks, which are 10 seconds of arc apart. North is to the top and east to the left, i.e. the map is a representation of the radio structure as "seen" by a terrestrial observer viewing the object from the northern hemisphere.

The diagram (bottom) shows the same data, but as "scans" across the radio structure, with vertical deflection proportional to radio intensity. It shows vividly the relative brightness of the two "hot spots" in the radio structure.

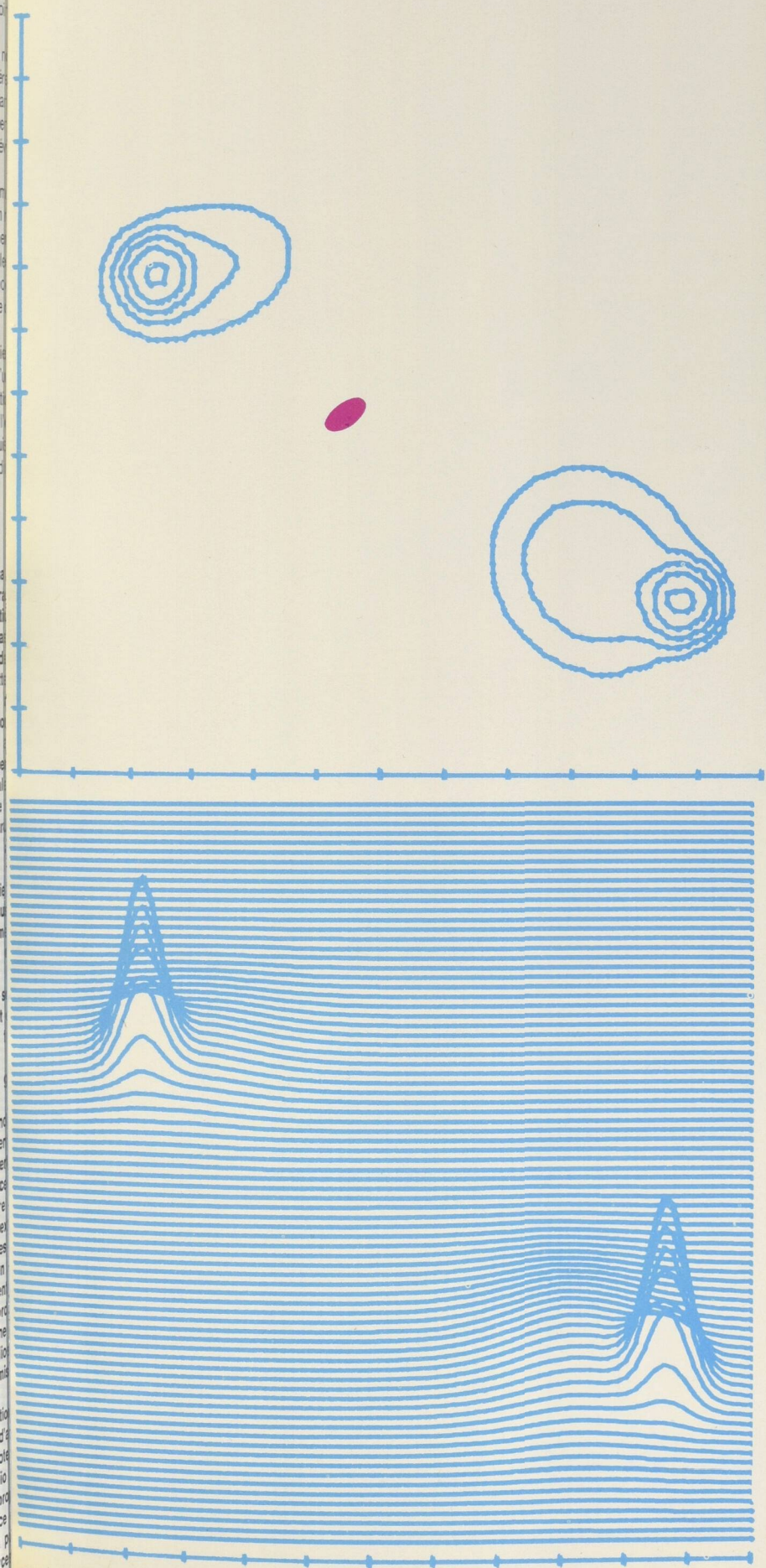
A droite:

Ces courbes de la répartition des intensités radio d'une radiogalaxie elliptique de la constellation Pégase peuvent servir d'exemple des données brutes qui permettent aux astronomes de faire avancer les recherches. Elles ont été obtenues sur 2,7 GHz avec l'interféromètre de Green Bank, en Virginie-Occidentale.

Le Dr Alan Bridle nous a dit: "Il s'agit d'une structure radio assez courante avec deux sources intenses de chaque côté de la galaxie optique et des émissions plus faibles et plus diffuses à mesure qu'on se rapproche du centre optique. Les petites irrégularités des courbes ne sont pas réelles et elles sont dues à l'imprécision de la traceuse de l'ordinateur".

La position, la grandeur et l'orientation de la galaxie optique sont indiquées par l'ellipse en magenta. On peut observer une certaine dissymétrie des sources radio par rapport au centre optique, ce qui n'a rien d'extraordinaire. Les coordonnées angulaires sont données en unités dont chacune représente 10 secondes d'arc. Le nord est en haut et l'est à gauche ce qui signifie que la radiostructure est "vue" de l'hémisphère nord de la Terre.

La représentation du bas est différente d'aspect parce qu'elle est obtenue par un "balayage" radio utilisant des ordonnées proportionnelles aux intensités ce qui met bien en évidence la puissance des deux radiosources.



Cover: The furnace on a vacuum fusion apparatus used to measure the dissolved gas content in molten metals. (Story page 4). The gases of principal interest are nitrogen, hydrogen and oxygen (converted to carbon monoxide during the degassing). Because the temperature exceeds 2 000°C in the initial stages of the process, the ball stopper on the end of the vertical shaft is positioned over the graphite crucible (shown glowing at the furnace base) to prevent splashing of the hot material. Below: Technical Officer Mr. Joseph Uher measures the gases given off by the sample in the vacuum fusion furnace. Photographs by Bruce Kane, NRC.

Notre couverture: Le four à fusion sous vide utilisé pour mesurer les gaz dissous dans les métaux en fusion (voir l'article page 5). Les principaux gaz qui sont intéressants sont: l'azote, l'hydrogène et l'oxygène (converti en oxyde de carbone pendant le dégazage). Comme la température dépasse 2 000°C au début du traitement, la boule à l'extrémité de la tige verticale est positionnée au-dessus du creuset en graphite, — que l'on voit briller à la base du four, — pour empêcher la projection du matériau en fusion. Ci-dessous: M. Joseph Uher, agent technique, mesure les gaz provenant de l'échantillon placé dans le four. Photographies de Bruce Kane, du CNRC.

