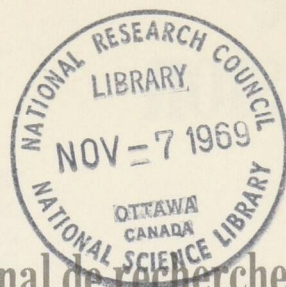


J.E.B. 70 KEEP

Science Dimension

Vol. 1 No. 3, August-août 1969



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



contents - sommaire

- 3 Time studies with hydrogen maser
 - 6 Une horloge remarquable: le maser à hydrogène
 - 8 McGill's magnet laboratory
 - 10 Laboratoire magnétique de l'université McGill
 - 12 NRC stimulates industrial research
 - 14 Comment stimuler la recherche industrielle au Canada?
 - 16 Unique research laboratory
 - 18 Immeubles et intempéries
 - 20 Spherical agglomeration process
 - 22 L'agglomération: un procédé qui promet
 - 24 Two new accelerators at NRC
 - 28 Comment maîtriser un agent mortel
-

Cover photograph: Fisheye view of the type of high-rise buildings which pose a host of problems to architects and builders. Photo by Mansell Acres of NRC.

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

Photo couverture: les grands édifices, comme celui-ci vu à travers un objectif à très grand angle (180°), posent une foule de problèmes aux architectes et aux entrepreneurs. (Photo: Mansell Acres).

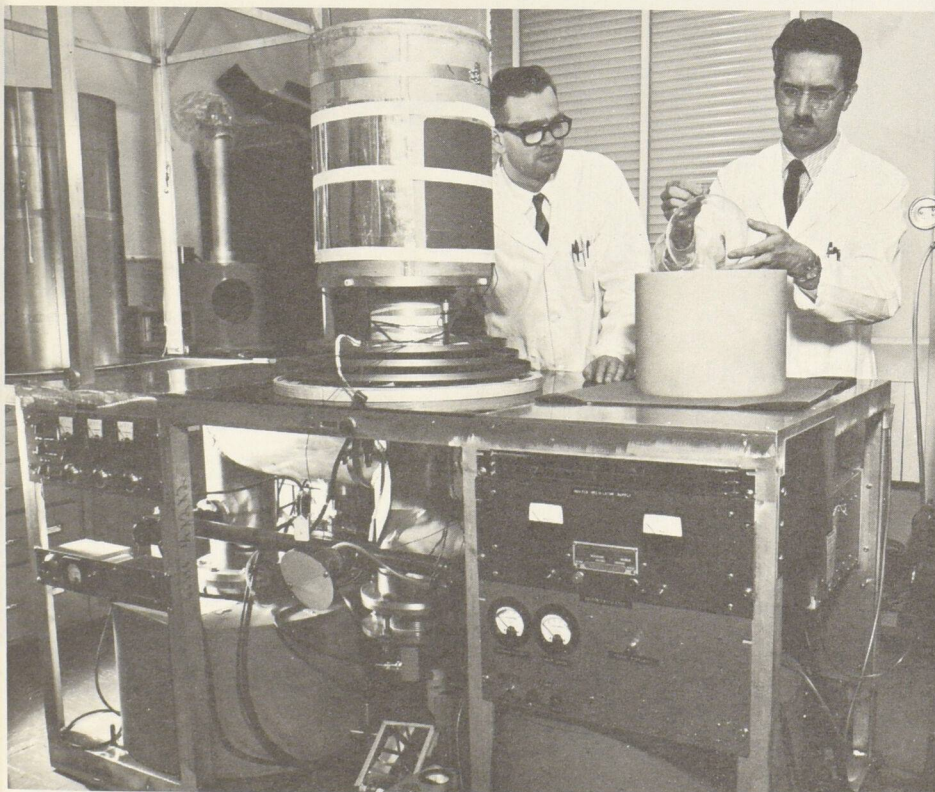
Publiée six fois par an par l'Office des Services d'information du Conseil national de recherches du Canada. La reproduction des textes est autorisée sauf indication contraire. Prière d'adresser toute demande de renseignements à: Science Dimension, NRC, Ottawa 7, Canada. Téléphone: (613) 993-9101.

time studies with hydrogen maser

Cycles are inextricably involved in the measurement of time. From primitive time measurements, involving the periodic rotation of the earth around the sun to the most sophisticated chronometers — hydrogen masers and caesium beam resonators with radiation frequencies of billions of cycles per second — man has striven to measure time by means of some regularly repeating process.

The perception of events one after another created the urge in man, in pondering the concept of succession, to assign a numerical estimate to the interval between these events. A glance back over the millenia of man's quest to better these estimates will reveal how cycles of greater and greater regularity were manufactured or discovered in widely differing phenomena, and how man ingeniously exploited them, only to be continually hampered by inherent inaccuracies in the cycles.

Early man was stimulated to time-keeping by the observation of certain periodicities in vital phenomena, such as recurring hunger and fatigue as well as similar rhythms in external nature such as the reappearance of day after night and the ebb and flow of the tides. To progress, man needed to standardize his estimates of time passing; he first arbitrarily based them on the recurrence of some simple phenomenon, evident to all and of convenient regularity — the passage of the sun or stars across the meridian. Over the last 4,000 years, the measurements of the "simple" phenomenon have grown in complexity through sun dials, hour-glasses, water clocks, mechanical clocks, and pendulum clocks to electric clocks where a generator determines the frequency, quartz crystals (electromechanical oscillators) and the atomic timepieces of the twentieth century.



Dr. Mungall (left) and Dr. Morris remove maser storage bulb from resonating cavity. Collisions of hydrogen atoms with the walls of this bulb create one of the baffling problems of the maser.

Monsieur Mungall (à gauche) et M. Morris en train d'enlever le ballon de stockage de la cavité résonnante. La collision des atomes d'hydrogène contre les parois pose un problème des plus épineux.

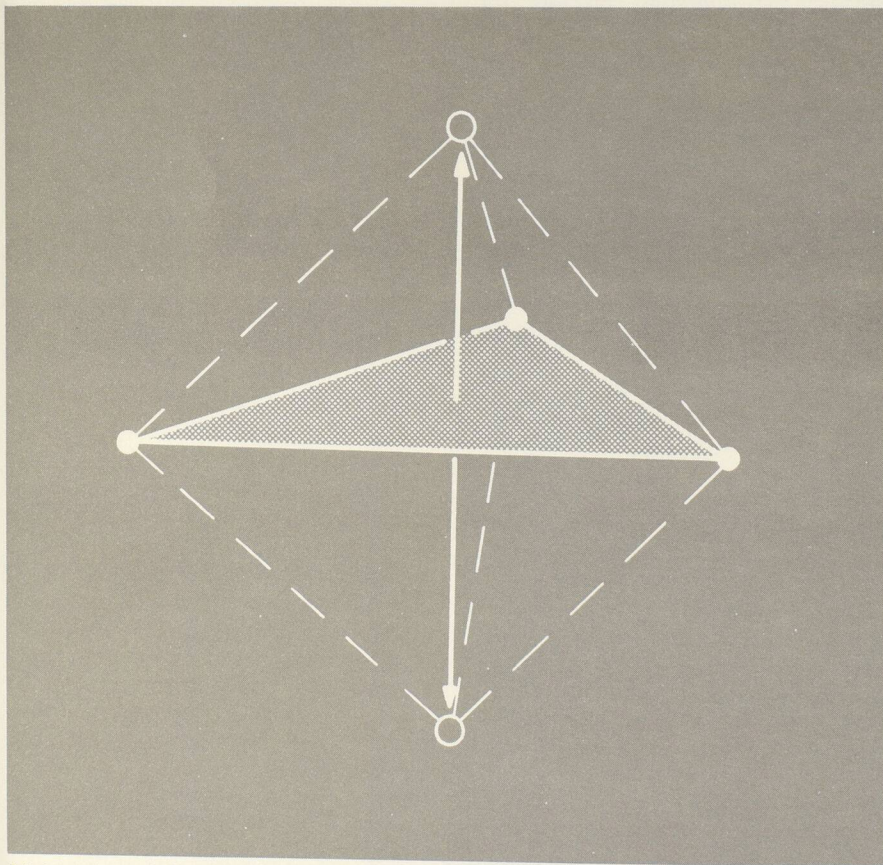
As part of its long-term program in the development of basic physical standards essential in today's highly technical world, the National Research Council of Canada is involved in continuing research to improve existing atomic time and frequency standards. This work, begun in 1956, produced one of the world's earliest caesium beam atomic clocks in 1958. Subsequent refinement of the experimental techniques in two later models resulted in appreciable improvements in accuracy. Simultaneous advances in other countries, coupled with the realization by the scientific community that such standards would provide a much more uniform unit of time than astronomic measurements, led in October, 1967, to the formal adoption by the International Bureau of Weights and Measures of the caesium hyperfine transition as the basis of the physical second.

As a result, at the present time, Canada's time signals, produced by standards maintained by the Dominion Observatory, are also directly related to the physical second maintained by the NRC primary caesium standard.

In addition to its work on caesium, NRC has been active in the development of other time and frequency standards, especially the hydrogen maser. The work at the Council has been carried on in the Electricity Section of the Division of Applied Physics by a group consisting of Dr. J. T. Henderson, Dr. Allan Mungall, Dr. Derek Morris, Herman Daams and Ralph Bailey.

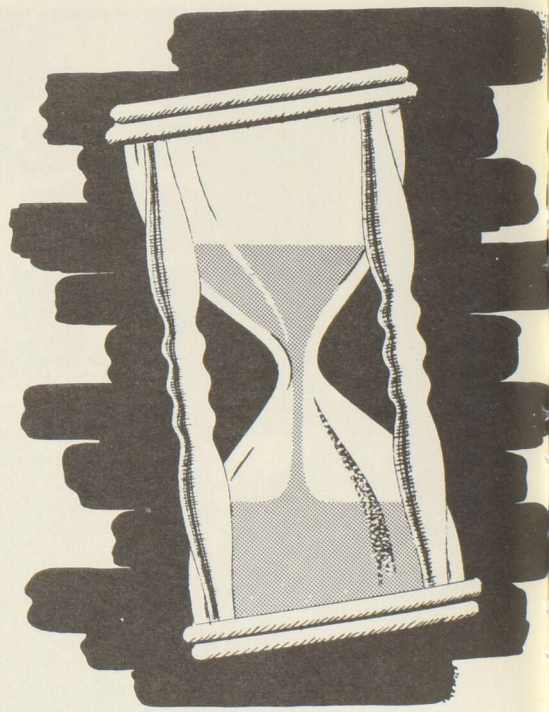
As its name indicates, the hydrogen maser is a device which depends on radiation from excited atoms of hydrogen. In it, a beam of hydrogen atoms is first emitted from a source in which hydrogen molecules are dissociated into atoms by a radio frequency dis-

charge. The beam then passes through a magnetic state selector which allows only the excited atoms to pass into a storage bulb enclosed by a resonant cavity tuned to the atomic hydrogen emission frequency. Thus, when the excited hydrogen atoms in the bulb start to radiate energy, the electro-magnetic field which is supported by the cavity resonance stimulates further emission from the other atoms. If the number of atoms entering the bulb per second is sufficient (about 10 million million per second are required for typical masers) then a steady oscillation is maintained, and all the atoms in the bulb radiate synchronously. This produces a very weak radio signal at a very constant frequency of 1,420,405,751 cycles per second. The walls of the storage bulb are coated with materials which maintain each atom radiating almost in synchronism



Mainspring of the first atomic clock, the ammonia (NH_3) clock (Classical picture): the periodic inversion of the nitrogen atom (circle, apex of the pyramid) through the base, formed by three hydrogen atoms (black dots).

Principe de la première horloge atomique; l'horloge d'ammoniac (représentation classique): l'inversion périodique de l'atome de nitrogène (cercle, au sommet de la pyramide) à travers la base formée par trois atomes d'hydrogène (points).



with the others even during wall collisions. However there is a small disturbing effect, "the wall shift" which shifts the frequency from its unperturbed value. In addition, if the cavity is not tuned exactly to resonance, the maser frequency will be shifted a small amount. The maser frequency also depends on the magnetic field in which the atoms radiate, as well as on the atomic velocities. However, although all these effects can cause hydrogen masers to oscillate at slightly different frequencies, each maser once set up, will continue to oscillate extremely stably at its own frequency.

The two NRC hydrogen masers agree with each other to within two parts in 10^{12} (a million million). This performance approaches that observed for the best caesium beam frequency standards, which currently agree to about one part in 10^{13} (ten million million) over a period of several months.

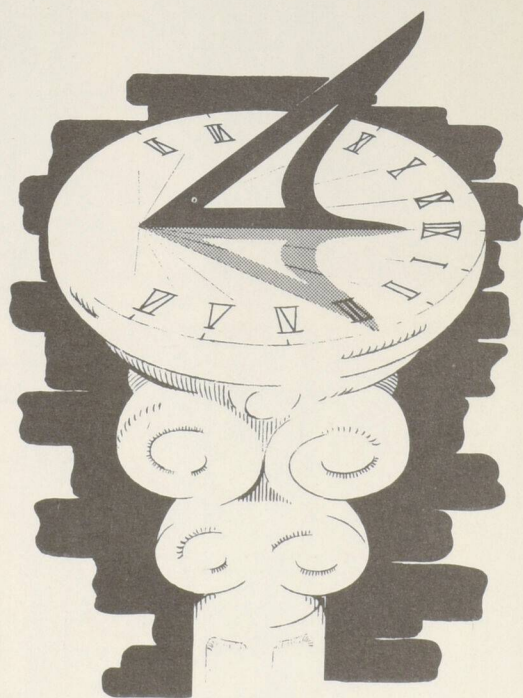
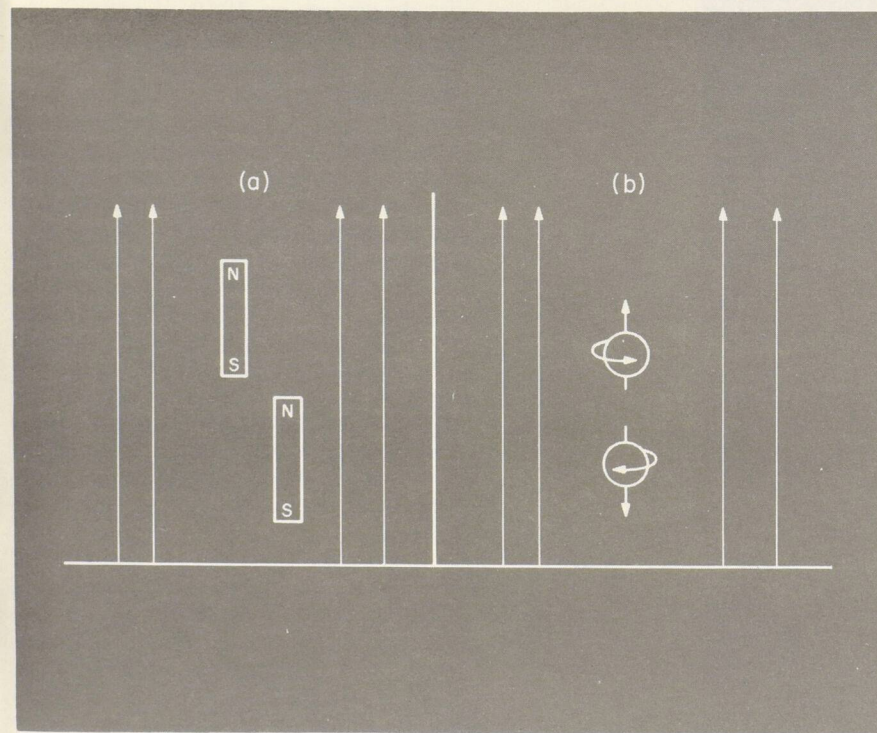
Hydrogen masers possess certain extremely valuable characteristics, which make them as useful as the caesium standards, but for quite different reasons. Although each maser may oscillate at a slightly different frequency, this frequency remains more constant than that from any other known source including the caesium beam clock. Because of this unequalled stability, the hydrogen maser has proven invaluable for assessing the performance and the basic errors characteristic of the caesium standards. The two NRC masers have resulted in an improvement of the NRC caesium clock by almost an order of magnitude.

It is possible that work now underway at NRC and other laboratories may improve the predictability of the wall shift so that the present frequency uncertainties may be essentially eliminated. In such a case the hydrogen maser could well supplant the cesium

beam as the primary international standard of physical time.

In other areas of scientific work, hydrogen masers are currently being used in radio astronomy to determine the diameters of 'quasars' (star-like bodies, capable of radiating disproportionately large amounts of energy); a further knowledge of these may materially affect our concepts of cosmology. A somewhat similar experiment may also be applied to determining continental drift. A third application concerns the use of hydrogen masers in satellites in order to verify experimentally some of the predictions of Einstein's theories of relativity.

Although NRC's masers may not participate directly in such experiments, the work done contributes to the general pool of scientific knowledge which makes such fascinating experiments possible.



Mainspring of the caesium clock and hydrogen maser: unlike ordinary magnets (a) always aligned in a magnetic field, electrons, which can act like tiny magnets, can set themselves either with or against a strong magnetic field (b) and a change from one state to the other occurs with the absorption or emission of microwave energy possessing an extremely precise frequency.

Cheville ouvrière de l'horloge à jet de césium et du maser à hydrogène: contrairement aux aimants ordinaires (a) qui s'alignent tous suivant un fort champ magnétique, les électrons, véritables petits aimants, s'alignent tantôt selon la direction du champ magnétique, tantôt en sens inverse (b). Chaque changement de l'état magnétique de l'électron entraîne l'absorption ou l'émission d'énergie (en micro-ondes) de fréquence extrêmement précise.

une horloge remarquable: le maser à hydrogène

Qui dit mesure du temps, dit cycles. Depuis l'antiquité, où l'on se servait de la révolution périodique de la terre autour du soleil, jusqu'aux horloges les plus sophistiquées telles que le maser à hydrogène et l'horloge à jet de césium dont les cycles se chiffrent à des milliards par seconde, l'homme a toujours essayé de mesurer le temps au moyen d'une suite de phénomènes se renouvelant dans un ordre immuable.

La perception chez l'homme de la suite des événements l'a poussé à estimer les intervalles entre ceux-ci. Comment, au cours des siècles, l'homme a-t-il pu améliorer ces estimations? Comme l'histoire en témoigne, il a pu trouver ou bien créer des cycles de plus en plus réguliers, cycles qui, on le

verra, sont associés à des phénomènes extrêmement variés. L'homme les a exploités avec ingéniosité mais, à chaque pas, la nature l'a surpassé en finesse. En effet, chaque fois, elle a introduit des sources d'erreur — soit dans les cycles eux-mêmes, soit dans l'aménagement des cycles pour la chronométrie.

Au tout début, la nature elle-même a sensibilisé l'homme à la notion du temps en lui faisant prendre conscience de certaines périodicités dans sa vie même par la faim, la fatigue. Il a également observé les rythmes de son milieu, le jour et la nuit, le flux et le reflux des eaux. L'homme éprouva ensuite le besoin de standardiser ses estimations de la fuite du temps. D'abord, arbitrairement, il les a basées sur

un phénomène évident, peu complexe à ses yeux et, enfin, suffisamment régulier, tel que le passage du soleil ou des étoiles par le méridien.

Au cours des 4000 dernières années, la complexité de ce phénomène "peu complexe" n'a pas cessé d'augmenter. Avec le temps, l'on a passé par les gnomons ou cadrans solaires, les sabliers, les clepsydres ou horloges à eau, les horloges mécaniques, les pendules, les horloges électroniques, où les cycles dépendent d'un générateur d'électricité, les quartz (oscillateurs électro-mécaniques) puis de nos jours, les horloges atomiques et enfin les masers.

Dans le cadre de son programme visant à mettre au point les étalons de quantité physique, le Conseil national de recherches du Canada étudie depuis 1956 les étalons de fréquence et les horloges atomiques. Après avoir fabriqué une des premières horloges à jet de césium en 1958, les chercheurs du Conseil ont construit deux autres modèles, encore plus exacts. A la suite des progrès réalisés dans d'autres pays, les chercheurs à travers le monde se sont rendus compte que l'unité de temps, fournie par ces horloges serait plus exacte que celle calculée d'après les mesures astronomiques. Par conséquent le Bureau International de Poids et Mesures a officiellement adopté, en octobre 1967, une nouvelle définition de la seconde, basée sur les transitions magnétiques se produisant dans l'atome de césium. Ainsi, le signal horaire officiel du Canada, émis par l'Observatoire fédéral est associé directement à la seconde physique établie par l'horloge à jet de césium qui se trouve au Conseil.

Outre les horloges à césium, les chercheurs du Conseil s'intéressent à d'autres étalons de temps et de fréquence, et surtout au maser à hydrogène. Cet instrument est étudié au Conseil par MM. A. Mungall, D. Morris, R. Bailey et H. Daams de la Section d'Electricité, dirigée par M. J. T. Henderson et appartenant à la Division de physique appliquée.

Mais comment fonctionne un maser? Le principe de l'appareil est le suivant: l'hydrogène qui est un gaz moléculaire à l'état naturel est d'abord dissocié en hydrogène atomique par une décharge haute fréquence. Le jet d'hydrogène atomique passe ensuite par un

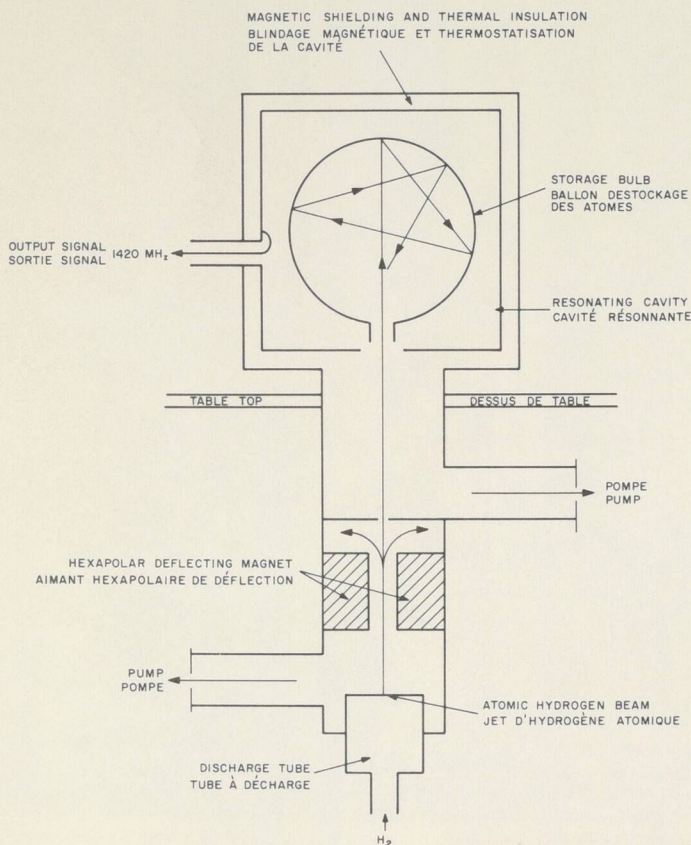


Schéma d'un maser à hydrogène. Données approximatives pour une version commerciale courante: dimensions — 16 pieds cubes; poids — 800 lbs.; prix — \$70,000.

Schematic of hydrogen maser. Approximate data for a typical commercial model: size — 16 cubic feet; weight — 800 lbs; cost — \$70,000.

aimant hexapolaire qui agit comme une lentille et qui ne permet le passage dans un ballon en quartz qu'aux atomes excités. Ce ballon, dit de stockage, se situe dans une cavité de dimensions permettant de renforcer la radiation émise par les atomes excités (i.e. procédé d'émission stimulée). Cette résonance sert à stimuler l'émission d'autres atomes d'hydrogène dans le ballon – l'on est bien en présence du même phénomène qui fait marcher le laser. Si le ballon reçoit alors une quantité suffisante d'atomes – à savoir 10 mille milliards par seconde pour les masers typiques – tous les atomes émettent simultanément leur radiation de sorte qu'il en résulte un signal radio-électrique, de faible intensité il est vrai, mais extrêmement constant, et d'une fréquence de 1,420,405,751 cycles par seconde.

Il est à noter que la paroi interne du ballon est recouverte d'un film de téflon qui réussit presque à maintenir la résonance lors des collisions des atomes d'hydrogène contre la paroi. Toutefois, c'est là un des inconvénients du maser à hydrogène, car la fréquence du signal émis dépend des collisions contre la paroi et donc des dimensions et de la forme de la cavité. De plus, le champ magnétique, la vitesse et la densité du jet influent sur la fréquence. Enfin, si la résonance dans la cavité n'est pas parfaitement réalisée, la fréquence du signal sera, là aussi, différente de la fréquence normale. Donc, les masers à hydrogène peuvent très bien osciller à des fréquences légèrement différentes, mais néanmoins, quelle que soit sa propre fréquence, chaque maser produit une émission qui est remarquablement stable.

Les deux masers à hydrogène du Conseil, ne diffèrent que par un écart de deux millièmes de milliardième (2×10^{-12}). Cette performance est proche de celle que l'on a observée pour les meilleurs étalons de fréquence au césium qui ne diffèrent couramment que par des écarts de un dix millième de milliardième (1×10^{-13}) après plusieurs mois.

Les masers à hydrogène se montrent aussi utiles que les horloges à jet de césium, mais cela, pour des raisons tout à fait différentes. Bien que chaque maser puisse osciller à une fréquence légèrement différente, la stabilité de

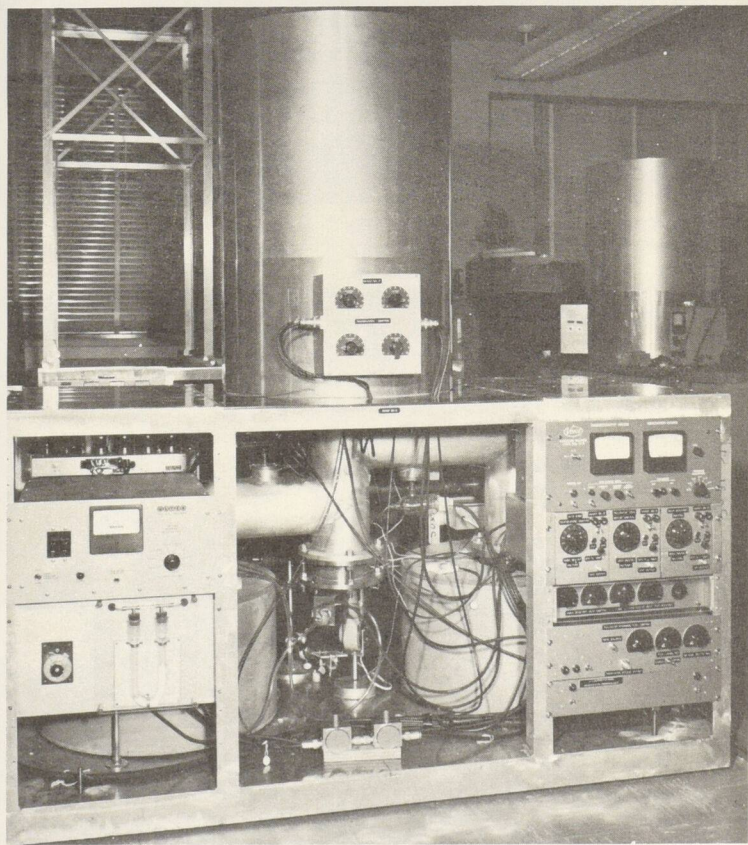
cette fréquence est sans égale dans la nature. Etant donnée sa stabilité sans pareille, le maser à hydrogène aide d'une façon inappréciable à réévaluer l'exactitude et à déceler les erreurs de base de l'horloge à jet de césium. En particulier au Conseil, grâce aux deux masers, l'on a déjà pu rendre l'horloge à jet de césium dix fois plus exacte.

Si les recherches en cours au Conseil et ailleurs permettent aux chercheurs de prédire avec plus de certitude et de précision les effets nocifs des collisions contre la paroi du ballon, et s'ils peuvent éliminer ainsi le problème du déplacement de la fréquence, le maser à hydrogène pourra très bien supplanter l'horloge à jet de césium en tant que standard primaire international du temps physique.

Dans d'autres domaines également,

les masers se révèlent très utiles. En radio-astronomie, cet instrument aide à déterminer le diamètre des "quasars", radio-sources lointaines et très puissantes. Est-ce que les résultats de ces études auront pour effet de changer nos idées fondamentales sur la cosmologie? Des expériences semblables peuvent être appliquées également à l'étude de la dérive des continents. Autre exemple, les masers à hydrogène installés dans les satellites aideront à vérifier quelques aspects de la théorie d'Einstein sur la relativité.

Il se peut que les masers du Conseil ne soient pas employés directement pour ces expériences, mais les recherches au Conseil contribueront au corpus des connaissances scientifiques permettant la réalisation de telles expériences.



Le maser à hydrogène, capable de produire l'oscillation la plus régulière qui soit. Sur la table, des cylindres métalliques servent de blindage magnétique à la cavité résonnante et au ballon de stockage (voir schéma). Immédiatement au-dessous de la table, les deux tuyaux horizontaux sont reliés aux pompes à vide.

The hydrogen maser, capable of producing the most regular oscillations ever generated. Above the table top, metal cylinders magnetically shield the resonating cavity and storage bulb. Just below the table top, the two horizontal tubes lead to vacuum pumps.

mcgill's magnet laboratory

Magnetic fields one million times greater than that of the earth can be created in this unique research laboratory. It will be an invaluable modern tool for research in solid state physics

Grants totalling \$651,000 have been awarded by the National Research Council of Canada to McGill University to assist that institution to build the world's most powerful research magnet.

The magnet, housed in a new Magnet Laboratory at Longueuil on Montreal's south shore, will be used to study the properties of materials in high magnetic fields, and for the development of magnet and cryogenic (low temperature) technology.

This radical and unique research laboratory, built at a total cost of more

than \$900,000, was designed by Dr. Richard Stevenson, Professor of Physics at McGill. Dr. Stevenson will act as Director of the laboratory.

Financial support also was received by the University from Canadian Liquid Air Limited which designed and built the cryogenic equipment, and from Dr. W. B. Lewis, Senior Vice-President of Atomic Energy of Canada Limited. Dr. Lewis donated the \$32,500 he won as a U.S. Atoms for Peace Award.

NRC's support was made up of a number of negotiated grants awarded over a four-year period, including one of \$287,000 for the 1969-70 fiscal year. The Council also has granted the University \$67,000 to operate the facility in the 1969-70 fiscal year, bringing operating grants awarded so far to \$121,000.

The main magnet in the laboratory creates a magnetic field 1,000,000 times greater than that of the earth, yet is only the size of a kitchen stove. It will enable scientists to study proper-

ties of solids in magnetic fields of 250,000 Oersted (Oe) — the unit of magnetic field named after a Danish scientist who worked in this area during the time of Napoleon. By comparison, the earth's magnetic field is about $\frac{1}{4}$ Oe.

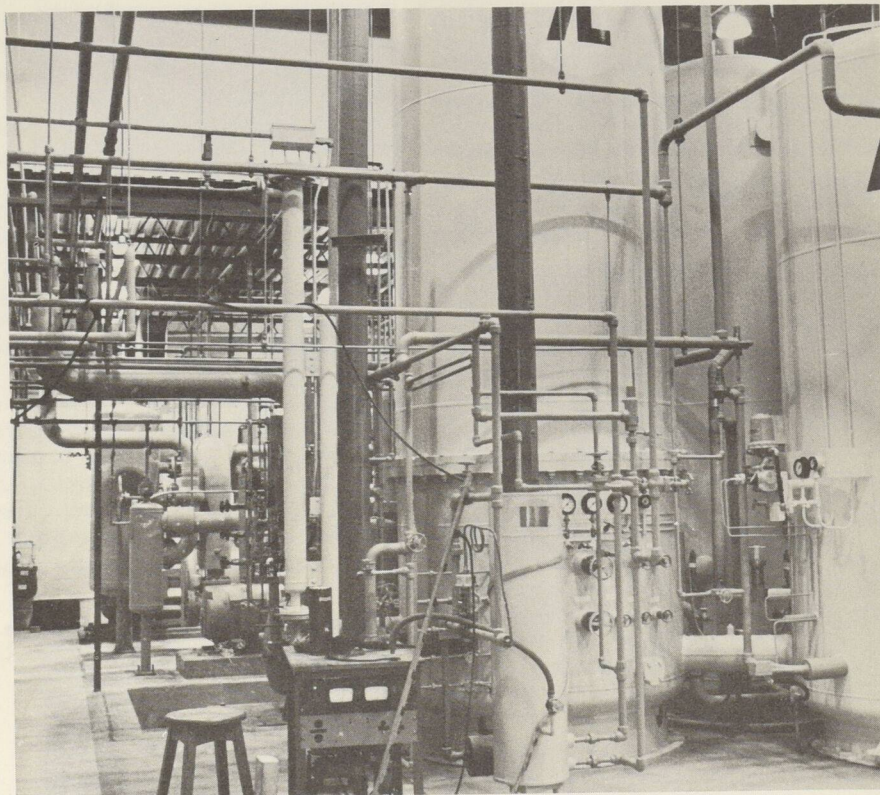
In this magnet the powerful magnetic field is produced in a hollow core 40 millimetres in diameter. A second magnet produces a magnetic field of about 105,000 Oe in a core 60 millimetres in diameter and a third pulsed field magnet produces fields up to 700,000 Oe for times in the order of 100 microseconds in working spaces of about one eighth of an inch in diameter.

The magnetic field of a solenoid or electromagnet depends only on its current and the field can be produced equally well at low or high temperatures. However, a room temperature magnet requires a very large electric power supply and a water cooling system and such an investment runs into



The Magnet Laboratory is located in the Industrial Park of Longueuil on the Montreal south shore.

Dans ce bâtiment, à Longueuil, P.Q., se trouve le plus puissant aimant de recherche du monde.



View of part of the cryogenic system developed by Canadian Liquid Air Limited which is capable of producing temperatures close to absolute zero.

Une partie du système cryogénique. Cet immense système de réfrigération, mis au point par la Canadian Liquid Air Ltée, peut produire des températures tout près du zéro absolu.

many millions of dollars. Low temperature magnets require much less power, and thus require much less money to build and operate.

Dr. Stevenson reduced capital costs tenfold by designing an extensive cryogenic system for cooling the magnets to very low temperature. This permitted a huge saving of electrical power due to the phenomenon of superconductivity, and to the lowering of electrical resistance of pure metals at very low temperatures.

The huge refrigeration system produces liquid helium and cold helium gas and reduces temperatures of materials being studied close to absolute zero which is minus 459 degrees Fahrenheit.

Dr. Stevenson says that at these low temperatures the electrical resistance of metals decreases dramatically. The resistance of some alloys, such as niobium-tin, becomes zero.

"We know that a magnetic field changes the energy content of substances," he says. "When the field is strong enough this change can be of the order of magnitude of some of the interactions between atoms. If the interactions can be changed in this way by external means we can make detailed studies and deductions about the nature of the interactions."

The new laboratory will be an invaluable modern tool for research in solid state physics. About half the operating time will be made available to individuals or organizations outside the university without charge other than for the costs of consumable supplies.

Dr. Stevenson was asked whether research in the laboratory would lead to practical applications.

"We hope so," he said. "The knowledge produced by an individual or by a group is likely to be incomplete and

diffuse, but in general any contribution to the growth of knowledge is of practical value and we certainly would like to contribute.

"On a more immediate level, the techniques used in building these magnets may be quite useful," he said. "The cryogenic system is the largest in Canada and one of the largest in the world. It was developed and built by a Canadian company, and we hope that the experience will give them an advantage in a technical market that will grow over the years.

"Another Canadian company produced the superconducting solenoid, and we hope that this will have a similar effect. The experience gained in operating large electrical equipment at low temperatures should be of value to the electrical industry. There has never been an installation like this, and we are trying to make available to industry every technique we use."

laboratoire magnétique de l'université mcgill

Des champs magnétiques un million de fois plus puissants que celui de la terre peuvent être créés dans ce laboratoire unique au monde. Il sera un outil inestimable pour la recherche en physique de l'état solide

Le Conseil national de recherches du Canada vient d'accorder à l'université McGill une subvention de \$651-000 pour l'aider à construire le plus puissant aimant de recherche au monde.

Cet aimant, installé dans un nouveau laboratoire magnétique à Longueuil, sur la rive sud de Montréal, servira à l'étude des propriétés des matériaux sous l'influence de puissants champs magnétiques et à l'avancement de la technologie magnétique et cryogénique.

Le coût de ce laboratoire, unique au monde, dépassa \$900 000. M. Richard Stevenson, professeur de physique à l'université McGill, assumera la direction de ce laboratoire qu'il a conçu.

L'université a aussi reçu l'aide financière de la société Canadian Liquid Air Limited qui a mis au point et fabriqué l'équipement cryogénique. M. W. B. Lewis, premier vice-président de l'Energie atomique du Canada Ltée., a fait don à McGill de sa bourse U.S. Atoms for Peace Award de 32 500 dollars qu'il venait de mériter.

L'aide du Conseil consiste en subventions négociées et accordées pour une période de quatre ans, dont une de \$287 000 pour l'année budgétaire 1969-70. De plus, le Conseil accorde à l'université \$67 000 pour les frais courants de l'exploitation du laboratoire durant l'année budgétaire 1969-70, portant ainsi les subventions pour frais courants jusqu'à ce jour à \$121 000.

L'aimant principal, sans toutefois être plus gros qu'une cuisinière, crée un champ magnétique un million de fois plus puissant que celui de la terre. Il permettra aux chercheurs d'étudier les propriétés des solides dans un champ magnétique de 250 000 Oersted (Oe), unité d'intensité du champ magnétique ainsi nommée en souvenir d'un

physicien danois qui s'intéressa à ce domaine à l'époque napoléonienne. En comparaison, le champ magnétique de la Terre est d'environ $\frac{1}{4}$ Oe.

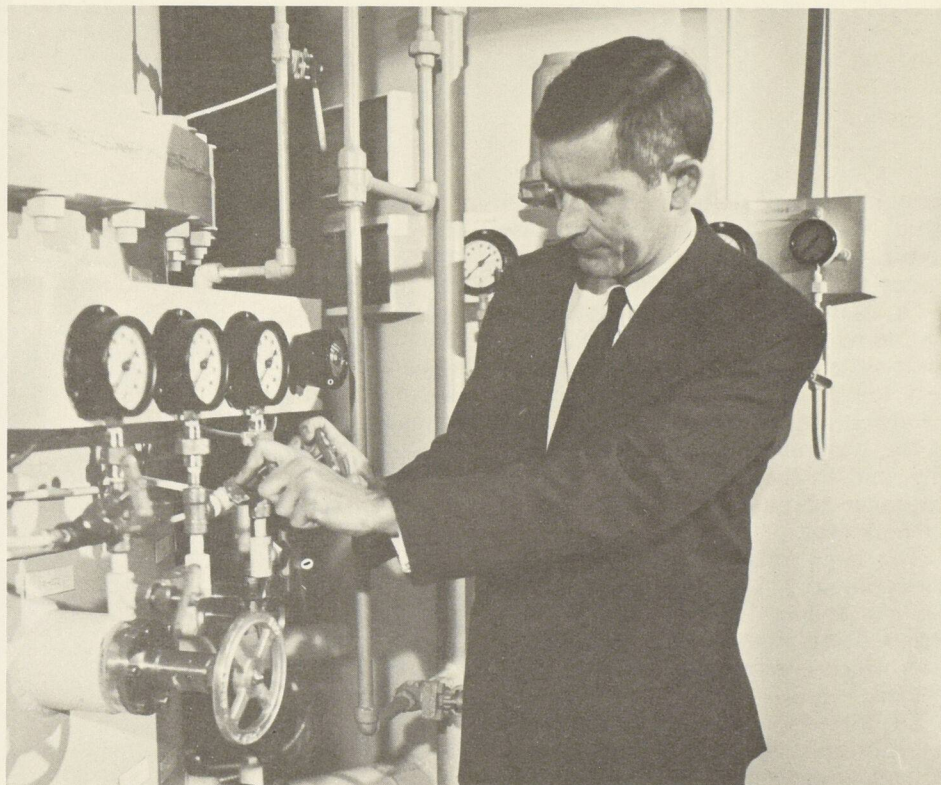
La puissance du champ magnétique de cet aimant se produit dans un noyau creux de 40 mm. de diamètre. Un deuxième aimant produit un champ magnétique d'environ 105 000 Oe dans un noyau de 60 mm. de diamètre, tandis qu'un troisième produit des champs jusqu'à 700 000 Oe pour des durées de 100 microsecondes dans un noyau de $\frac{1}{8}$ de pouce de diamètre.

Puisque le champ magnétique d'un solénoïde ou d'un électro-aimant ne dépend que de son propre courant, il peut être produit indifféremment à des températures basses ou élevées. Cependant, un aimant à la température ambiante exige une très grande quantité

d'électricité et un système de refroidissement à l'eau. Un tel système nécessite une dépense de plusieurs millions de dollars. Les aimants à basses températures exigent moins d'électricité et ainsi coûtent moins cher à fabriquer et à manœuvrer.

M. Stevenson réduisit de neuf dixièmes les frais d'investissement en élaborant un système cryogénique pour refroidir les aimants à de très basses températures. Ceci permit des économies considérables sur l'électricité à cause du phénomène de supraconductivité, réduction de la résistance électrique des métaux purs à de très basses températures.

Cet immense système de réfrigération produit de l'hélium liquide et gazeux très froid, et amène la température des métaux étudiés tout près du



Ça y est! M. Richard Stevenson en train de régler l'immense système cryogénique.

Dr. Richard Stevenson at the controls of the cryogenic system.

distinctions - awards

zéro absolu, soit moins 459 degrés Fahrenheit. M. Stevenson affirme qu'à ces basses températures la résistance électrique des métaux décroît de façon étonnante. La résistance de certains alliages, tel l'alliage étain/nobium, devient nulle.

Il ajoute qu'un champ magnétique change le contenu énergétique des substances. Lorsque ce champ est assez puissant, ce changement peut avoir la même importance que certaines interactions atomiques. Si ces interactions peuvent être influencées ainsi par des moyens externes, on peut faire des études détaillées sur la nature même de ces interactions.

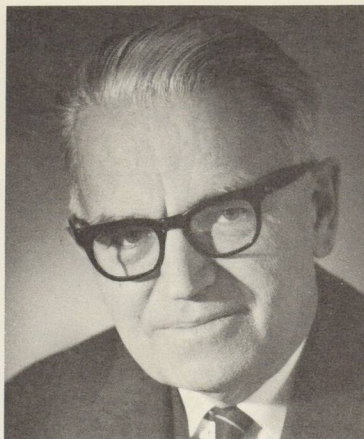
Ce nouveau laboratoire sera un outil moderne inestimable pour les recherches en physique de l'état solide. Il sera mis gracieusement à la disposition des individus et des organismes. Seules les fournitures seront à leur charge.

On demanda à M. Stevenson si cette recherche en laboratoire pourrait aboutir à des applications pratiques.

Il répondit qu'il l'espérait. Selon lui les connaissances acquises par un individu ou par un groupe seront vraisemblablement incomplètes et imprécises, mais toute contribution au développement de la recherche est d'une certaine importance pratique, et qu'il tâcherait d'y contribuer.

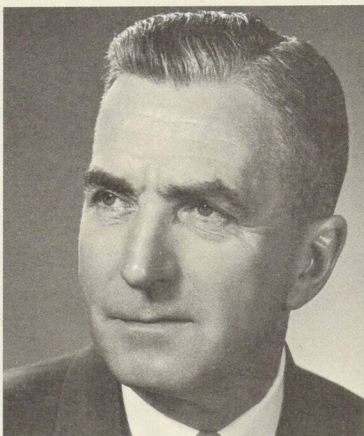
Dans un avenir plus immédiat, selon lui, les techniques utilisées dans la fabrication de ces aimants seraient très utiles. Il indiqua que le système cryogénique est le plus important au Canada et l'un des plus considérables dans le monde; il a été conçu et fabriqué par une compagnie canadienne. Il espère que cette expérience saura donner à cette compagnie un avantage marqué sur le marché technique et qui s'accroîtra au cours des prochaines années.

M. Stevenson nous informa aussi qu'une autre compagnie canadienne avait fabriqué le solénoïde supraconducteur et il prévoit que cette expérience constituera également pour elle un avantage. L'expérience acquise dans le fonctionnement de gros appareillage électriques à de basses températures devrait susciter de l'intérêt dans l'industrie électrique. M. Stevenson conclut que c'est le premier montage de ce genre et qu'il aimerait communiquer à l'industrie les méthodes utilisées par les chercheurs.



M. Gerhard Herzberg, directeur de la Division de physique pure du Conseil national de recherches du Canada, a reçu la Médaille Willard Gibbs de l'American Chemical Society. Cette médaille, attribuée chaque année, honore un savant pour ses contributions importantes à la recherche fondamentale en chimie.

Dr. Gerhard Herzberg, Director of NRC's Division of Pure Physics, received the Willard Gibbs Medal from the American Chemical Society. The medal is awarded annually in recognition of contributions to fundamental advances in chemistry.



M. Robert F. Legget, directeur de la Division de recherches en bâtiment du Conseil national de recherches, a reçu de l'université Charles de Prague en Tchécoslovaquie un doctorat "honoris causa" en sciences géologiques. Il a reçu également des universités de Toronto et du Nouveau-Brunswick des doctorats "honoris causa" en droit et de l'université Western Ontario un doctorat "honoris causa" en sciences.

Dr. Robert F. Legget, Director of NRC's Division of Building Research, received an Honorary Doctor of Geological Sciences Degree from Charles University, Prague, Czechoslovakia. He also received Honorary Doctor of Laws Degrees from the Universities of Toronto and New Brunswick and an Honorary Doctor of Science Degree from the University of Western Ontario.



M. William G. Schneider, président du Conseil national de recherches du Canada, a reçu la Médaille Henry Marshall Tory de la Société royale du Canada en récompense de ses recherches en chimie physique. Il a reçu également des universités de Saskatchewan, de Moncton, McMaster et Laval, des doctorats "honoris causa" en sciences.

Dr. William G. Schneider, President of NRC, received the Henry Marshall Tory Medal of the Royal Society of Canada in recognition of his research in the field of physical chemistry. He also received Honorary Doctor of Science Degrees from the Universities of Saskatchewan and Moncton and McMaster and Laval Universities.

nrc stimulates industrial research

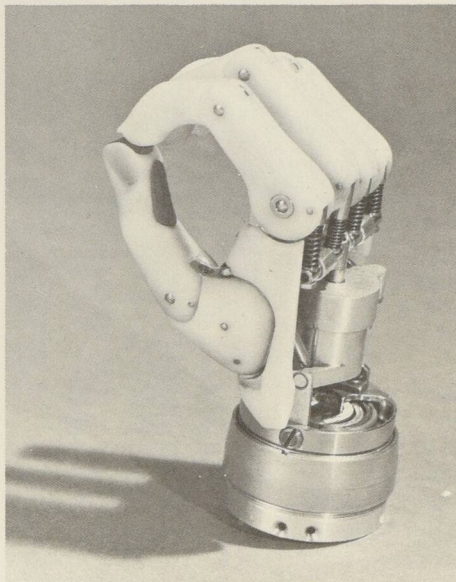
A research effort amounting to \$100,000,000 of combined company and NRC funding has been generated during the last eight years under NRC's Industrial Research Assistance Program

The National Research Council of Canada in 1962 initiated an Industrial Research Assistance Program (IRAP) to stimulate and promote industrial research in Canadian manufacturing industries. The ultimate aim of the program is to provide careers for Canadian scientists, to increase Canadian production and production jobs and to maintain Canada in a foremost position in the world's market.

The program also is designed to improve communication and co-operation between scientists in industry and scientists in government and university laboratories. It is hoped that this will lead to a better understanding of each other's work and interests and the development of research activities of a complementary nature as part of the over-all structure of Canadian research.

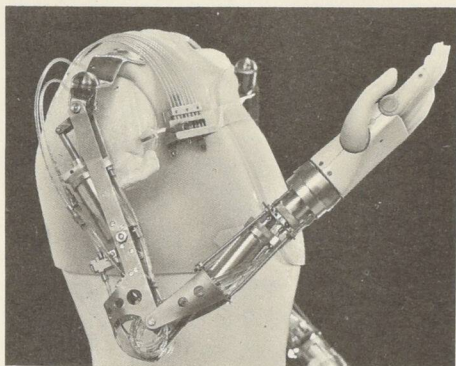
During the seven years that the program has been in existence there has been a major improvement in the flow of information among scientists in NRC, industry and the universities, and also between other government departments and industry. In the light of experience gained in this seven-year period, consideration is being given to lengthening the period of support which now ranges from three to five years.

IRAP operates primarily by paying the salaries of new research teams in companies where none previously existed or for new research workers to be added to existing research staffs



To give the artificial hand a more life-like appearance, the latest model is made from the plastic, delrin.

Pour donner à cette prothèse l'apparence du membre vivant, l'on utilise actuellement un plastique appelé delrin.



Resting the elbow on a table is easy with the hydraulic arm.

S'appuyer sur les coudes - c'est facile comme bonjour avec ces bras à commande hydraulique.

over and above a company's normal expansion of research effort. Companies that qualify are free to choose, direct and control their own projects and staff and receive support by annual grant based on satisfactory progress reports.

Since the inception of IRAP, grants totalling \$36,400,000 have been awarded to assist in the financing of 264 research projects conducted by 136 companies. The IRAP annual budget has grown from \$1,000,000 in 1962 to \$6,800,000 for the 1969-70 fiscal year. During the last eight years a research effort amounting to \$100,000,000 of combined company and government funding has been generated.

Companies of 100 employees or less make up approximately 32 per cent of the total number of companies now receiving grants. This is in line with the IRAP policy of not restricting research projects to large-scale, highly sophisticated efforts applicable only to large companies, but to giving full consideration to any size of company capable of research activity in any field of industry in any part of Canada.

An excellent example of how IRAP funds are used to stimulate a small company's growth is found in the history of Reichhold Chemicals (Canada) Limited, which has received \$616,000 in grants. In the early 1960's, annual sales were less than \$7,000,000 (current annual sales \$18,000,000) and the company was faced with the need for greatly expanding research activity in order to remain competitive. "We were convinced we could no more do without research than we could afford to sell, tomorrow, the products of yesterday," says G. L. Hagen, President of Reichhold. "We would have established a larger research group, even without IRAP grants but the grants have enabled us to run where we would have had to walk."

In 1963 the company established a research laboratory at Port Moody, B.C. Since receiving its first IRAP grant in 1964, the company has expanded its research efforts sixfold. The main activities of the Port Moody laboratory are directed towards developing new products for the forest products industry – adhesives, overlays, and coatings for plywood, wood and particleboard. A laboratory, opened in Toronto in 1966, and expanded 10-fold in 1968, serves a research group carrying out work in fundamental and analytical chemistry.

Some large companies have used IRAP grants to get into more sophisticated research and into fields of potential interest outside of their current activities. Uniroyal Ltd. of Canada is perhaps the best example of a company meeting IRAP's original concept. Since 1962 when Uniroyal received the first in a series of IRAP grants, its buildup has been the most spectacular of all assisted companies. It has had a five-fold increase in staff to the present 100, one third of whom possess doctoral degrees. The supported research at its Guelph, Ont., laboratories has been directed towards the discovery of new chemicals for use in the rubber and plastics industry and in agriculture.

An outstanding result of their work has been the discovery of a group of systemic organic fungicides of great potential importance to agriculture in the control of smuts and rust. It is particularly effective against loose smut in barley and wheat where, previously, chemical control was not possible and losses ran as high as 25 per cent of the crop. Experimental quantities measured in tons have been used successfully in many countries of the world and it is anticipated commercial quantities will be sold in Europe this year, and in North America as soon as clearance of the U.S. Food and Drug Administration has been obtained.

On a more altruistic level, IRAP grants of some \$50,000 have been used



Fifteen-year-old high school student Clare Scullion demonstrates her skill in using her hydraulic arms.

Prenant des notes grâce aux bras à commande hydraulique, Clare Scullion, âgée de 15 ans, suit ses cours au lycée.



All movements of the first hydraulic arms were controlled by a lever near the shoulder.

Au début, la commande des bras s'effectuait au moyen d'un levier disposé sur l'épaule de l'handicapé.

to help fund the Northern Electric Company's development of hydraulically-operated artificial arms. The arms, the first complete hydraulic prosthesis to be worn by a patient, are the latest product of a co-operative agreement between government, industry and medical agencies to provide the most advanced prosthesis devices for youngsters in Canada, primarily those deformed by the drug thalidomide.

The arms operate on established hydraulic principles to perform various arm and hand movements. Control of the arms is by electrical and/or mechanical devices suitably located on the patient's body. A battery supplies power to operate a miniature high-speed electric motor/hydraulic pump combination which sends fluid through flexible plastic tubing under high pressure to the various hydraulic actuators. The arms are light and every attempt has been made to give them a like-life appearance. Modular design aids in fitting the prosthesis to patients of varying physical size or degrees of amputation. Obvious advantages of hydraulically-operated artificial arms over previous mechanical and electrical-mechanical models are their superior strength, ease of control, smoothness of operation, low noise level, reliability and resistance to damage by dirt particles.

One measure of the effectiveness of IRAP can be gauged by the projected time of completion of projects being submitted, according to G. W. Donaldson, Assistant Secretary of the IRAP committee. "During the early years, companies made requests for support of projects expected to last an average of just three years – hardly enough time to launch any major undertaking. Now, most of the proposals received request support for the present maximum of five years, and some will require many more years of funding by the company to reach fruition. This is a significant shift and we like to think our program is encouraging industrial companies to plan farther into the future," he says.

comment stimuler la recherche industrielle au canada?

Depuis 1961, les sociétés et le Conseil national de recherches du Canada ont investi \$100,000,000 dans la recherche industrielle en vertu d'un certain programme d'aide du Conseil

En 1962, le Conseil national de recherches du Canada lança un Programme d'Aide à la Recherche Industrielle (PARI) dans le but de stimuler et de promouvoir la recherche dans les industries canadiennes de transformation. L'objet ultime du programme est de créer des carrières pour les scientifiques canadiens, d'augmenter la production canadienne et le nombre d'emplois dans le secteur de la production et de conserver au Canada une place prépondérante sur le marché mondial.

L'objectif secondaire est d'améliorer les échanges et la collaboration entre les scientifiques œuvrant dans l'industrie et ceux qui travaillent dans les laboratoires gouvernementaux et universitaires. On espère ainsi susciter une meilleure compréhension des travaux et des intérêts de chacun et contribuer dans le cadre de la recherche canadienne au développement des travaux de recherche ayant un caractère complémentaire.

Ce programme qui est en vigueur depuis sept ans a beaucoup amélioré l'échange des connaissances entre les

scientifiques du Conseil national de recherches, et ceux des industries et des universités, et aussi entre les divers ministères et les industries. A la lumière des résultats obtenus, on entrevoit présentement la possibilité de prolonger la période de soutien qui varie actuellement entre trois et cinq ans.

La fonction essentielle du programme d'aide est de payer les salaires, soit de nouvelles équipes de recherche dans les sociétés où il n'y en avait pas auparavant, soit des nouveaux chercheurs qui viendront renforcer les effectifs déjà existants. Les sociétés qui remplissent les conditions peuvent choisir, diriger et contrôler à leur convenance leurs propres travaux et leur personnel et sont encouragées par l'attribution de subventions annuelles fondées sur les progrès satisfaisants de ces travaux.

Depuis la création du Programme d'Aide à la Recherche Industrielle, le total des subventions accordées à 136 sociétés à titre de contribution au financement de 264 travaux de recherche a atteint \$36 400 000.

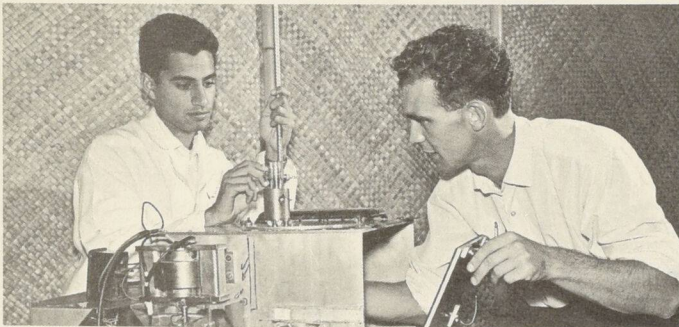
Le budget annuel du PARI est passé de \$1 000 000 en 1962 à \$6 800 000 pour l'année fiscale 1969-1970. L'aide à la recherche par financement mixte sociétés-gouvernement a atteint \$100-000 000 au cours des huit dernières années.

Les sociétés employant 100 personnes ou moins constituent environ 32 pour cent de la totalité des sociétés recevant actuellement des subventions. Ceci est conforme à la politique du PARI qui est de ne pas limiter les travaux de recherche aux réalisations

complexes et de grande envergure, accessibles uniquement à de grosses sociétés, mais de prendre en considération la candidature de toute société capable, quelle que soit son importance, de fournir un effort de recherche dans n'importe quel domaine où qu'elle se trouve au Canada.

L'histoire de Reichhold Chemicals Limited offre un excellent exemple de la façon dont le soutien PARI stimule l'expansion d'une petite compagnie. Au début de cette dernière décennie, ses ventes annuelles étaient inférieures à \$7 000 000 (les ventes annuelles sont maintenant de l'ordre de \$18 000 000) et la compagnie connaissait alors un besoin impératif d'accroître sensiblement ses recherches afin de faire face à la concurrence. Toutefois M. G. L. Hagen, président de cette compagnie, affirma que sans avoir mis l'accent sur les recherches Reichhold n'aurait pu se développer. Comment peut-on vendre des produits devenus désuets? Même sans le soutien du Conseil, M. Hagen aurait tenté tout de même de se procurer une équipe plus considérable de chercheurs mais, dit-il, ce soutien lui permit d'accélérer le pas, là où l'on n'aurait avancé que très lentement.

La compagnie établit en 1963 un laboratoire de recherches à Port Moody en Colombie britannique. Depuis la première subvention du PARI en 1964, la compagnie a sextuplé ses activités de recherches. L'objectif principal du laboratoire de Port Moody est la mise au point de nouveaux produits pour l'industrie des produits forestiers, tels que les panneaux à surface appliquée, et les colles et enduits pour le



Au laboratoire à Port Moody, C.-B. MM. G. Voss et R. Kapahi de la Compagnie Reichhold Chemicals (Canada) Ltée, examinent une chambre qui sert à sécher des polymères au moyen de micro-ondes.

Dr. G. Voss and Raman Kapahi curing polymers in a microwave multimode cavity at the Port Moody laboratory of Reichhold Chemicals (Canada) Limited.

contreplaqué, le bois et les panneaux de particules. Un nouveau laboratoire, construit à Toronto en 1966, et qui s'est décuplé depuis lors, est au service d'une équipe étudiant la chimie fondamentale et analytique des polymères.

Certaines grandes sociétés ont utilisé les subventions du PARI pour entreprendre des recherches plus complexes et dans des domaines présentant un intérêt potentiel qui se situe en dehors de leur activité courante. Uniroyal Limited représente peut-être le meilleur exemple d'une société répondant à la conception originale du PARI. Depuis 1962, date à laquelle elle reçut pour la première fois une série de subventions du PARI, l'expansion d'Uniroyal a été l'une des plus spectaculaires de toutes les sociétés subventionnées. Ses effectifs se sont trouvés multipliés par cinq pour atteindre le total actuel de 100 dont le tiers est constitué par un personnel nanti d'un diplôme de doctorat. La recherche subventionnée, effectuée dans ses laboratoires de Guelph, Ontario, est axée sur la découverte de nouveaux produits chimiques devant être utilisés dans l'industrie du caoutchouc, du plastique et de l'agronomie.

Un des résultats remarquables de leurs travaux est la création d'un groupe de fongicides organiques qui entrent dans une plante par la racine et qui présentent un grand intérêt en agriculture pour la prévention de la rouille et de la nielle. Ces fongicides sont particulièrement efficaces dans la lutte contre la nielle éparsée de l'orge et du blé, jusqu'alors rebelle à tout traitement chimique, et entraînant des pertes

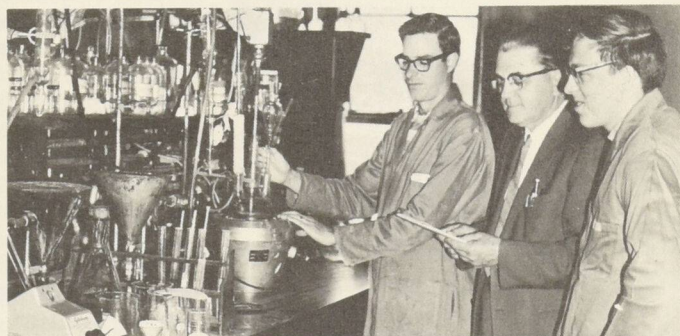
allant jusqu'à 25 pour cent de la récolte. Plusieurs tonnes de ce produit chimique ont été utilisées à titre expérimental par de nombreux pays et les résultats s'étant révélés concluants, on s'attend à le lancer sur le marché commercial en Europe cette année, et en Amérique du Nord après approbation de la U.S. Food and Drug Administration.

Sur un plan plus altruiste, des subventions du PARI d'un montant d'environ \$50 000 ont été consacrées au financement de la mise au point, par la Compagnie Northern Electric, de bras artificiels à commande hydraulique. Ces bras, qui constituent la première prothèse hydraulique complète adaptée à un handicapé, sont la dernière création résultant d'un accord de coopération passé entre le gouvernement, l'industrie et le corps médical pour doter de prothèses perfectionnées les adolescents canadiens et en particulier les victimes de la thalidomide.

Les bras fonctionnent sur des principes connus de l'hydraulique pour exécuter différents mouvements des bras et des mains. La commande des bras s'effectue au moyen de dispositifs électriques et/ou mécaniques convenablement disposés sur le corps de l'handicapé. Une pile fournit le courant nécessaire au fonctionnement d'un ensemble constitué par un moteur électrique et une pompe hydraulique miniatures tournant à grande vitesse qui refoule vers les divers mécanismes hydrauliques d'actionnement un fluide circulant sous pression dans un tube de plastique souple. Ces prothèses sont

légères et tout a été mis en œuvre pour leur donner l'apparence du membre vivant. Leur standardisation en facilite l'adaptation aux handicapés, indépendamment de leur taille ou degré d'amputation. Les avantages évidents des bras artificiels à commande hydraulique sur les modèles mécaniques et électro-mécaniques précédents sont: robustesse supérieure, facilité et douceur de manœuvre, faible niveau de bruit, fiabilité et résistance aux dommages qui pourraient leur être occasionnés par la pénétration d'impuretés.

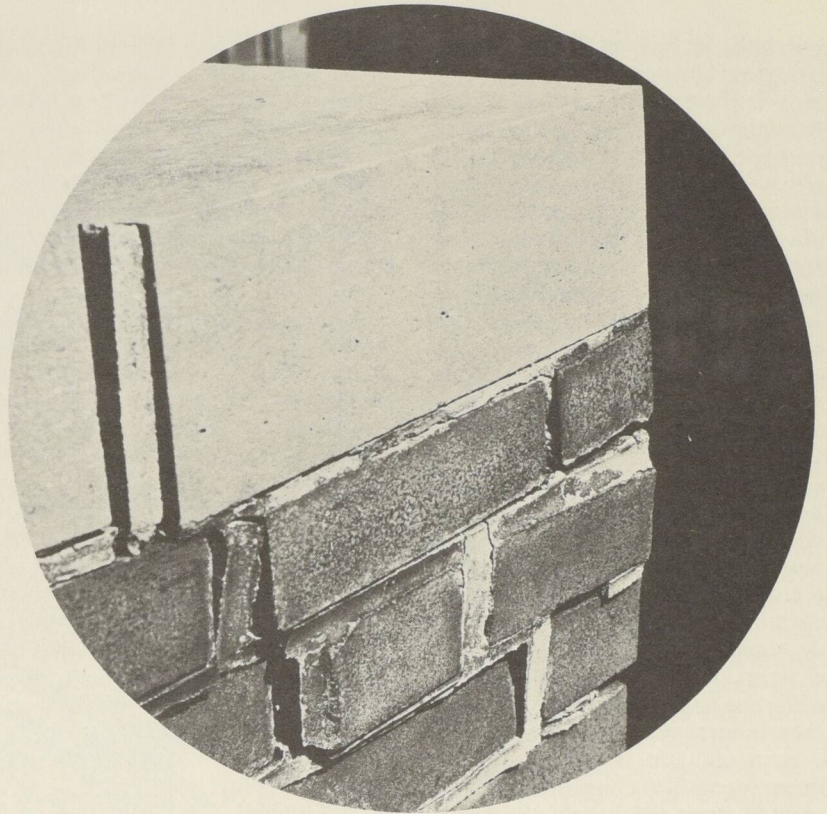
Selon M. G. W. Donaldson, secrétaire adjoint du comité du PARI, l'évaluation du temps nécessaire à la réalisation des travaux soumis à l'agrément de son comité est un indice de l'efficacité du Programme d'Aide à la Recherche Industrielle. "Dans les premières années de sa création, les sociétés demandaient une subvention pour des travaux dont la durée prévue était en moyenne de trois ans seulement — tout juste le temps nécessaire au lancement d'un programme de quelque importance. Aujourd'hui, la plupart des offres que nous recevons sont accompagnées d'une demande d'assistance de cinq ans qui est le maximum actuel et certaines d'entre elles devront être financées par les sociétés pendant de nombreuses autres années avant que ces dernières en tirent bénéfice. Et, d'ajouter M. Donaldson, ceci représente une évolution significative et nous sommes heureux de constater que notre programme encourage l'industrie à établir des prévisions à long-terme.



Eurêka! De gauche à droite, M. J. B. Pierce; M. M. Kulka, directeur de recherches en chimie organique; et M. W. A. Harrison aux laboratoires d'Uniroyal à Guelph, Ont.

Dr. J. B. Pierce (left), Dr. Marshall Kulka (centre), manager of Organic Chemical Research of Uniroyal Ltd. of Canada, and Dr. W. A. Harrison (right) examine an experiment being conducted in the company's Guelph, Ont., laboratories.

unique research laboratory



Weather-beaten masonry at building parapet. The culprit is moisture-laden air from inside buildings which leaks through the construction. In cold weather, the vapor condenses and freezes causing this type of masonry damage.

La maçonnerie dégradée par les intempéries. Le coupable, c'est en réalité l'air chaud et plein d'humidité qui s'échappe vers l'extérieur du bâtiment à cause de la construction défectueuse. Pendant l'hiver, la vapeur d'eau condense puis gèle, et les forces d'expansion font le reste.

A unique facility which will be used to study a host of building problems including those posed by high-rise buildings

High-rise buildings, by their very style of construction and the harsh climatic extremities that dominate their environment, pose a host of problems often unnoticed by architects, builders and even owners. Many of these problems stem from the characteristics of air, heat and moisture flow peculiar to high-rise buildings.

The cause of a variety of serious difficulties is the "chimney effect" created by warm air rising within the building and escaping through cracks and openings in the upper part of the building,

and cold outside air flowing in at the bottom. The difference in air pressure inside and outside the buildings causes air to surge upward despite the barriers imposed by interior walls and floors. With that air goes the water vapor introduced by humidifying systems. The relatively high pressures built up by the "chimney effect" forces the humidified air into the exterior walls of the high buildings. High up, walls become saturated, resulting in damage to the structure. Excess water may flow downward, causing problems at lower levels. Principles are known but information is scarce as to how to translate them into real design.

A new test facility is being built in Ottawa to study the "chimney effect" and other building problems. These include damage to outer walls caused by severe condensation and then repeated freezing at upper levels, the dangers of asphyxiation from smoke swirling up

through a building during a fire and the difficulties in providing even humidity, heat and ventilation throughout a high-rise building.

Designed for the testing of full-scale building components at temperatures ranging from minus 65 degrees Fahrenheit to 150 degrees above zero, the facility will form part of a new Environmental Laboratory for the Division of Building Research of the National Research Council of Canada. The laboratory, in the planning stage for several years, will be located in Ottawa at the Montreal Road site of NRC and it will form part of the Council's Building Research Centre. A \$2,033,000 contract for construction of the laboratory has been awarded to P. E. Brule Construction Company of Ottawa.

The primary function of the laboratory will be to provide for research into the effects of environment on building structures and means of controlling

interior environment through the proper selection, design and assembly of building components and mechanical systems. Work to be carried out will include studies on the characteristics of building enclosures as environmental separators, the heat and moisture transport properties of insulations and other materials, the performance of environmental control systems and equipment, energy requirements for heating and cooling, and the quality of environmental conditions in relation to functional requirements.

The facility for testing building components over a wide range of temperatures will include three sets of "warm" and "cold" boxes. The "cold" boxes will be cooled by a low temperature chiller and the "hot" boxes will be heated electrically. The boxes will be designed primarily for testing wall and window assemblies up to a maximum size of 24 feet square.

The laboratory also will include new calorimeter facilities, not at present available in Canada, for determining cooling loads, lighting factors and environmental conditions with various arrangements of windows, luminaries and room air distribution systems.

Another special feature will be a central digital data logging station connected to the various laboratories. This system will be used for the control of research equipment, as well as for automatic recording of measurements for later processing.

Because of its special functions, the building will be air-conditioned. Its complex mechanical and electrical services will be in a basement that will be completely underground. Although the structure of the building is not experimental, the walls, roofs and windows will incorporate principles of design that the Division has been putting forward in publications and seminars.

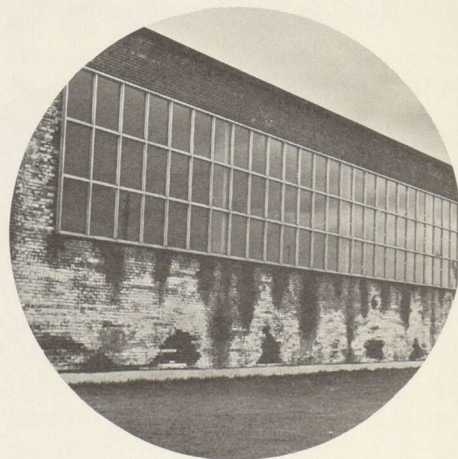
Enclosure design has grown largely out of tradition and from practices in other countries, according to A. G. Wilson, Assistant Director of DBR. In the past, factors determining design requirements changed slowly and necessary compensating changes in practice could be based on long-term experience. In recent times, a number of new factors have been introduced relatively quickly, for example: the demand for

humidification in winter; increasing height of buildings; use of large glass areas; new materials and components; increased industrialization and changing assembly processes; and demands for increased amenity, particularly with reference to air conditioning and lighting. There is a need to identify the principal elements of building science involved and to develop a comprehensive building technology so that the most rational choices can be made in design. This is one of the primary tasks of DBR.

As an example, Mr. Wilson points to the usual current practices of insulating buildings from the inside and putting the skeleton of the buildings — floor ends and most of the wall components — towards the outside and also to the practice of attempting to provide a perfect seal against both air and rain penetration at the exposed outer surfaces of joints. The seal on that one external surface has to cope with wind, rain and great extremes of heat and cold.

Mr. Wilson says that exposed structural load-bearing parts are being put to the worst kind of environmental conditions, offering ready paths and mediums for heat transfer, condensation and rain penetration, with all that implies in terms of deterioration of building materials. He says it appears that instead of one surface acting as the buffer to a host of environmental attacks there should, in fact, be an outer surface that sheds the rain without at the same time having to cope with wind pressure that will inevitably drive the rain into the main wall structure, and an inner air barrier which carries the wind loads.

DBR has identified several basic principles for the design of building enclosures (walls, windows, roofs) and there is a great interest in the application of these principles to practical design problems. Experimental and analytical studies are required to develop detailed design recommendations. At the present stage of building science, evaluating the adequacy of many designs, particularly the more complex ones, requires observation of performance of large-scale specimens under simulated use-conditions. The Environmental Laboratory is needed for this and other related studies.



Warm humid air inside buildings leaks through walls where water vapor condenses and leaches salt out of the brick. When the water evaporates, an ugly barnacle-like crust is deposited.

L'air chaud et humide passe à travers les cloisons. Ensuite, la vapeur d'eau se condense et extrait par lessivage les sels contenus dans la brique. Une fois l'eau évaporée, il se forme une croûte sur les murs.

immeubles et intempéries

Les problèmes posés, entre autres, par les grands immeubles seront étudiés dans un nouveau laboratoire de recherches en bâtiment

Les grands immeubles de par leur style et hauteur mêmes posent une foule de problèmes qui échappent souvent à l'attention des architectes, des entrepreneurs et des propriétaires. C'est la circulation de la chaleur, de l'humidité et de l'air dans ces édifices élevés qui engendre beaucoup de ces problèmes.

Des échappements d'air chaud, similaires à ceux fuyant à l'intérieur d'une cheminée, se produisent à l'intérieur de tels édifices. Ceci est dû à l'air froid qui entre par les parties inférieures et qui pousse l'air chaud à travers les lézardes et les ouvertures jusque dans les régions supérieures de l'immeuble. Cette différence de pression entre l'air à l'intérieur et l'air à l'extérieur de l'édifice provoque une fuite d'air vers le haut malgré les obstacles internes, tels les murs et les planchers. Des vapeurs d'eau provenant des systèmes d'humidification s'échappent avec l'air chaud. La haute pression ainsi créée pousse cet air humidifié dans les parois extérieurs des grands immeubles. Les

murs des régions supérieures de l'édifice deviennent alors saturés d'eau et la charpente est ainsi endommagée. Mais parfois cette eau coule vers le bas et cause des dégâts aux étages inférieurs. Ce phénomène est bien connu, mais on manque de renseignements sur la manière de remédier à ce problème dans les créations architecturales.

On construit présentement à Ottawa un nouveau laboratoire d'essai où l'on étudiera ce problème ainsi que plusieurs autres y compris les dommages causés aux étages supérieurs par une condensation intense suivie de congélations répétées, les dangers d'asphyxie par la fumée qui se répand dans les régions supérieures lors d'un incendie et la difficulté d'assurer une chaleur, une humidité et une aération stables dans l'ensemble d'un grand immeuble.

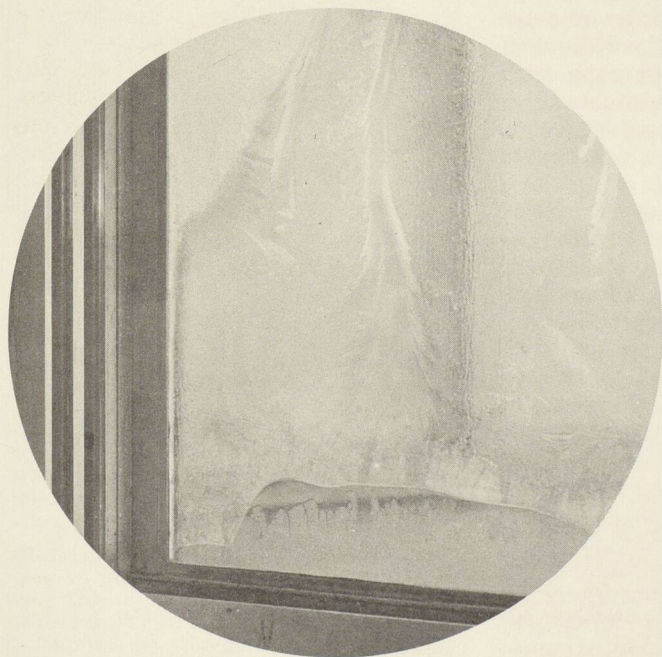
Cette installation, destinée à éprouver des matériaux de construction de grande nature à des températures variant entre moins 65 degrés Fahrenheit et 150 degrés au-dessus de zéro, fera partie d'un nouveau laboratoire de la Division de recherches en bâtiment. Ce laboratoire à l'étude depuis plusieurs années sera érigé sur l'emplacement du Conseil national de recherches du Canada, chemin Montréal, Ottawa et deviendra partie intégrante du Centre de recherches en bâtiments. Un contrat de \$2 033 000 fut accordé à la

société P. E. Brulé Company, d'Ottawa, pour la construction de ce laboratoire.

L'objectif principal du laboratoire sera d'étudier les effets du milieu ambiant sur les bâtiments et le réglage des conditions climatiques intérieures par la sélection, la conception et l'assemblage des diverses parties de l'édifice et de ses réseaux mécaniques. On y étudiera les espaces compris entre les murs et les planchers en tant qu'isolants, les propriétés calorifuges et hydrofuges des matières isolantes, le rendement des systèmes et de l'équipement contrôlant les conditions ambiantes, les quantités d'énergie nécessaire au chauffage et au refroidissement, et l'influence des conditions ambiantes sur les exigences de fonctionnement.

Afin de soumettre les différentes parties des édifices à de grandes variétés de températures, les chercheurs du Conseil se serviront de trois séries de coffres (représentant des appartements) "tièdes" et "froids". Les coffres dit "froids" seront refroidis mécaniquement et les coffres dit "tièdes" seront chauffés par électricité. Ces coffres seront destinés principalement à étudier des ensembles de murs et de fenêtres n'excédant pas 24 pieds de côté.

Le laboratoire disposera d'un nouveau type de calorimètre, unique au Canada, qui déterminera les charges de

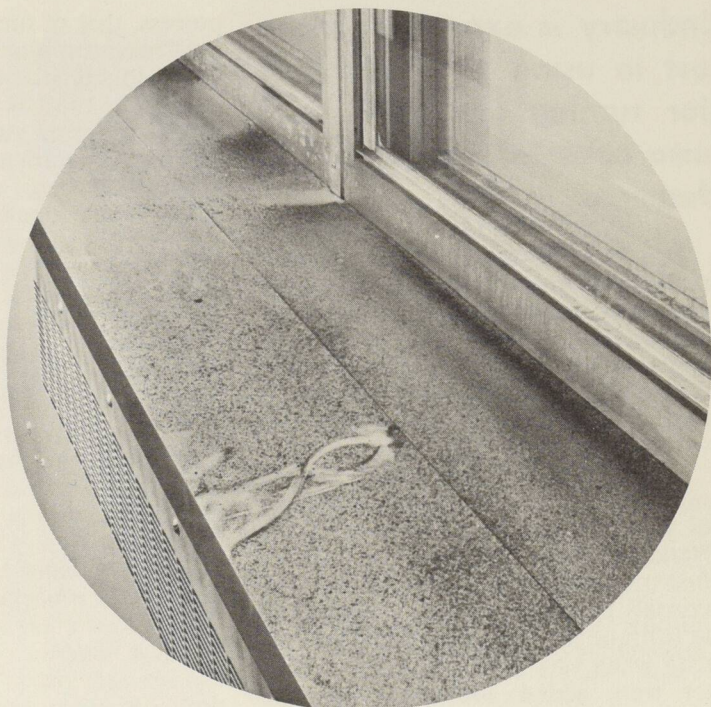


L'air s'échappant par les fenêtres cause cette forte condensation que l'on voit sur la face interne et qui attaque le fini et la structure même des murs.

Air leaking through windows is largely responsible for this type of heavy condensation on the inside of windows. Besides obscuring vision, this causes structural and finish damage.

Lorsque les fenêtres ne sont pas fermées hermétiquement, elles laissent entrer la poussière – et cela parfois abondamment.

Air infiltrating through imperfect window seals deposits dust inside buildings.



refroidissement nécessaire, l'éclairage adéquat et les conditions ambiantes selon les diverses dispositions des fenêtres, de l'éclairage et des systèmes de distribution d'air dans les pièces.

Un centre qui recueille et codifie les données numériques desservira tous les laboratoires. Il sera employé aussi pour le contrôle de l'équipement de recherches et pour l'enregistrement automatique des données pour utilisation ultérieure.

Un système d'air climatisé sera installé pour répondre aux divers besoins de l'édifice. Ses facilités électriques et mécaniques seront logées sous-terre. Bien que la structure de l'édifice ne soit pas expérimentale, les murs, les toitures et les fenêtres seront conçus en fonction des principes architecturaux que le Conseil a exposés dans nombre de revues et de conférences.

Selon M. A. G. Wilson, directeur adjoint de la Division en question, nous avons emprunté la plupart de nos conceptions et méthodes de construction à la tradition architecturale d'autres pays. Autrefois, les exigences des plans variaient très peu et les modifications concrètes étaient basées sur l'expérience du passé. De nos jours, une foule de modifications s'imposent à cause de la demande d'humidification durant l'hiver, de la hauteur de plus en

plus imposante des immeubles, de l'emploi de vastes surfaces vitrées, de la création de nouveaux matériaux et composants, de la croissance de l'industrialisation et des changements dans les procédés d'assemblage, et des exigences d'un plus grand confort surtout en ce qui concerne les systèmes d'éclairage et de climatisation de l'air. Il est donc nécessaire de comprendre les grands principes de la science de la construction et d'établir une technologie moderne qui tiendrait compte de ces principes lors de l'établissement d'un plan architectural. Voilà l'objectif visé par le Conseil.

M. Wilson mentionne, à titre d'exemple, les techniques habituelles d'isolation qui se font de l'intérieur et où l'ossature de l'immeuble (les extrémités des planchers et la plupart des composants des murs) se trouve face à l'extérieur. D'ailleurs, l'on tente d'assurer l'étanchéité des joints extérieurs exposés à l'air et à la pluie. Cet isolant doit donc à lui seul protéger contre les attaques du vent, de la pluie et aussi de la chaleur et des froids excessifs.

Monsieur Wilson affirme que les supports de la charpente sont ainsi exposés aux pires conditions ambiantes car ils offrent des voies d'accès faciles et des milieux favorables à la transmission de la chaleur, à la pénétration de

la pluie et à des condensations, qui détériorent à la longue les matériaux de construction. Plutôt que d'avoir une seule surface qui résiste à toutes les attaques du climat, il serait préférable d'avoir primo, une surface extérieure qui laisse couler l'eau sans nécessairement constituer une protection contre le vent qui fait pénétrer ordinairement l'eau dans la charpente des murs, et secundo, une couche d'air servant d'isolant interne qui résisterait aux vents.

La Division des recherches en bâtiment a conçu plusieurs principes directeurs pouvant servir aux plans des enceintes architecturales (murs, fenêtres et toitures) et l'on manifeste un intérêt particulier pour les applications de ces principes aux problèmes des créations d'architecture. Des études et des recherches seront cependant nécessaires avant de suggérer des recommandations très précises sur l'application de ces principes. Selon les connaissances actuelles, une estimation de la valeur des différentes créations, surtout pour les ensembles très complexes, exige une étude sur la performance de grandes maquettes placées dans des conditions simulées d'usure. Ce laboratoire d'environnement servira donc à cette étude et aux recherches qui s'y rattachent.

spherical agglomeration process

Industry is expressing interest in using this technique for turning low-grade coal into coke for iron ore blast furnaces

It is generally conceded that approximately 15 years must elapse before any new process can become established in industry, largely because any new process has to compete with old established processes in which industry has a considerable capital investment.

Thirteen years have now passed since Dr. Ira E. Puddington, Director of the Division of Chemistry of the National Research Council of Canada, first became intrigued with the fact that crystals of barium sulphate suspended in benzene formed spheres (agglomerated) when very small quantities of water were added and the suspension shaken. Investigation of this unexpected result revealed in a relatively short time that the crystals were coated with a layer of water which acted as a binding material to hold the particles together when they touched.

Experiments showed that recovery of valuable particles in slurries (suspension of insoluble particles in a liquid) could be greatly facilitated if the particles were coated and agglomerated. Wetting agents were discovered that permitted the successive agglomeration and selective recovery of several different particles in a slurry. The technique is known as spherical agglomeration, sometimes referred to as selective agglomeration.

Over the last decade, armed with a variety of patented processes, NRC has been trying with small success to interest industry in spherical agglomeration. These processes include, among others, the upgrading of coal for coke, the separation of bitumen from tar sands, the preparation of dispersable pigments, a modified method for making phosphoric acid and a new method of preparing spherical shot for the firearms and ball bearing industries. Now, with an assist from mounting public pressure for pollution control legislation and decreasing supplies of low-sulphur, low-ash coals, the future appears to be brightening for one NRC

process, that of turning low-grade coal into coke for iron ore blast furnaces.

Dr. Puddington made initial studies on coal in 1957 as part of experiments necessary for the patenting of the spherical agglomeration process.

"At that time, application to coal was just one small facet of the possibilities afforded by the phenomenon of agglomeration," he says. "It's only recently that there has been any real outside interest shown in it as a possible means of profitably processing low-grade coal."

In most spherical agglomeration processes, the mineral surfaces, exposed through fine grinding, are rendered hydrophobic with suitable conditioners such as fatty acids. This is done in order that the surfaces become easily wetted by a water-insoluble liquid such as crude or processed petroleum oil.

In water under agitation the oil becomes a bonding agent and the minerals are selectively agglomerated. Hydrophilic stone or earth, from which the mineral was taken, remains suspended in the solution. One advantage with coal is that, being in most cases naturally hydrophobic, it requires no conditioner and can be collected with a wide selection of oils.

Dr. Puddington says the advantages of spherical agglomeration lie in its ability to efficiently separate the carbonaceous elements from much of the sulphur, ash and water found in coal fines. (Fines are coals crushed to a fine powder during processing.) Elimination of ash is seen as a way of increasing the payload and thus significantly lowering freight handling costs since coal can have up to 20 per cent of ash-producing inert material and still be used as fuel.

Dr. Puddington estimates that agglomeration should become economically feasible if a large-scale operation can be evolved using coal slimes (the mixture you get when you wet-grind coal fines) that would reduce ash from 20 per cent to five per cent and water from 20 per cent to one per cent.

A semi-pilot scale plant is now operating in the Division's Chemical Engineering Section. It is capable of treating about 200 pounds per hour of coal slurry. Using this plant, New Brunswick coal fines containing 20 per cent moisture, 21 per cent ash and 7

per cent sulphur have been upgraded to pellets containing less than 0.5 per cent moisture, 5 per cent ash and 2 per cent sulphur.

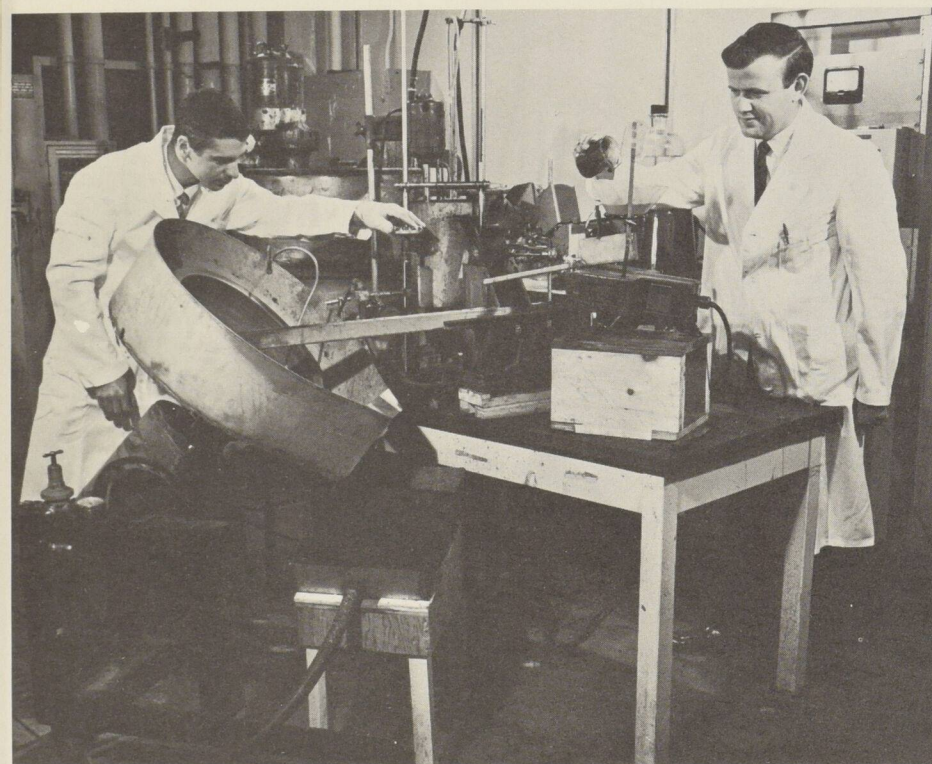
Recent interest has centered around coking operations as one area where large-scale spherical agglomeration might be financially practical. The Federal Department of Energy, Mines and Resources has established a small pilot plant in Ottawa with the main objective of producing sufficient agglomerates to allow proper assessment of their coking properties. In its first 10 months of operation the plant has produced approximately one ton of agglomerates. The assessment tests indicate that the quality of the coke produced from coal charges partly or entirely made up of agglomerates was equal or somewhat superior to that made from normal coal charges.

Dr. J. H. Walsh, Head of the Metallurgical Fuel Engineering Section of the Mines branch, has high hopes that spherical agglomeration will succeed in savings of as much as \$1 per ton based on the projected gains from preheating. Each year Canada's coking ovens produce about five million tons of coke destined mainly for iron blast furnaces.

"The process allows us to cut costs by taking oil produced during coking and using it as the needed bonding agent in agglomeration," Dr. Walsh says.

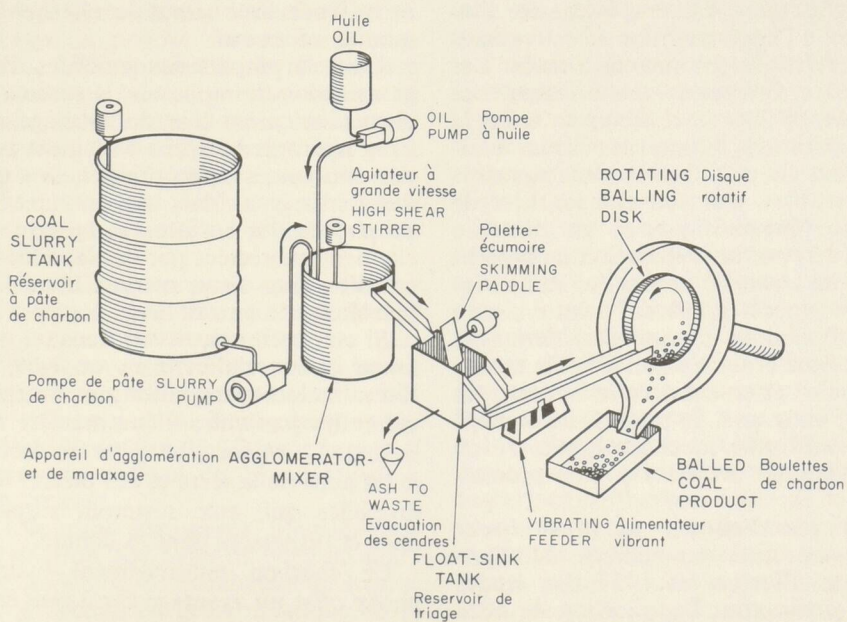
"In addition", he says, "the indications are now that using agglomerates instead of fines will permit the use of preheating techniques in the coking process. The time saved in this manner is expected to add 35 to 40 per cent to the output capacity of a 20-ton coke oven."

The work, which Dr. Walsh says is still in the research stage, is being supported in part by the Canadian Carbonization Research Association, a group that embraces all companies making coke for blast furnaces and the principal Canadian producers of the metallurgical grades of coal.



Richard Coleman (left) and Dr. Edward Capes are shown operating the semi-pilot scale plant being used in the coal agglomeration experiments.

MM. R. Coleman (à gauche) et E. Capes au travail dans la petite usine pilote où l'on étudie l'agglomération sélective.



Schematic drawing of the semi-pilot scale plant.

Schéma du procédé de l'agglomération sélective à l'usine pilote.

l'agglomération: un procédé qui promet

La transformation du charbon pauvre en coke pour l'industrie sidérurgique, voilà ce qu'on peut obtenir grâce à cette technique

Tout nouveau procédé demande généralement 15 ans pour être adopté par l'industrie qui répugne à abandonner les autres procédés pour lesquels elle a investi des capitaux considérables.

M. Ira E. Puddington, directeur de la Division de chimie du Conseil national de recherches du Canada, s'intéresse depuis treize ans au fait que les cristaux de sulfate de barium en suspension dans le benzène forment des sphères (agglomérées) lorsque de très petites quantités d'eau sont ajoutées et la suspension agitée. Une étude plus approfondie de ce résultat inattendu révéla très tôt que les cristaux se revêtaient d'une couche d'eau qui jouait le rôle de liant leur permettant de l'agglutiner aux autres particules.

D'autres expériences ont démontré que l'on faciliterait la récupération de particules non négligeables en suspension dans un liquide, si on les agglutinait grâce à ce liant.

On découvrit des agents mouillants qui permettaient l'agglomération successive et la récupération sélective des diverses particules en suspension. Cette technique est connue sous les noms

suivants: "agglomération des particules sphériques," ou "agglomération sélective."

Depuis 1959, le Conseil national de recherches, muni d'une variété de procédés brevetés, essaie d'intéresser l'industrie à l'agglomération sélective mais avec relativement peu de succès. Les procédés brevetés comprennent la transformation du charbon en coke, la séparation du bitume des sables bitumineux, la préparation des pigments dispersables, une nouvelle synthèse de l'acide phosphorique et un nouveau procédé pour la préparation de plombs pour les armes à feu et les industries de roulements à billes. La lutte contre la pollution se faisant plus pressante d'une part et le charbon à faible teneur en soufre et en cendres se faisant plus rare d'autre part, le procédé du Conseil qui transforme le charbon pauvre en coke semble avoir un avenir prometteur.

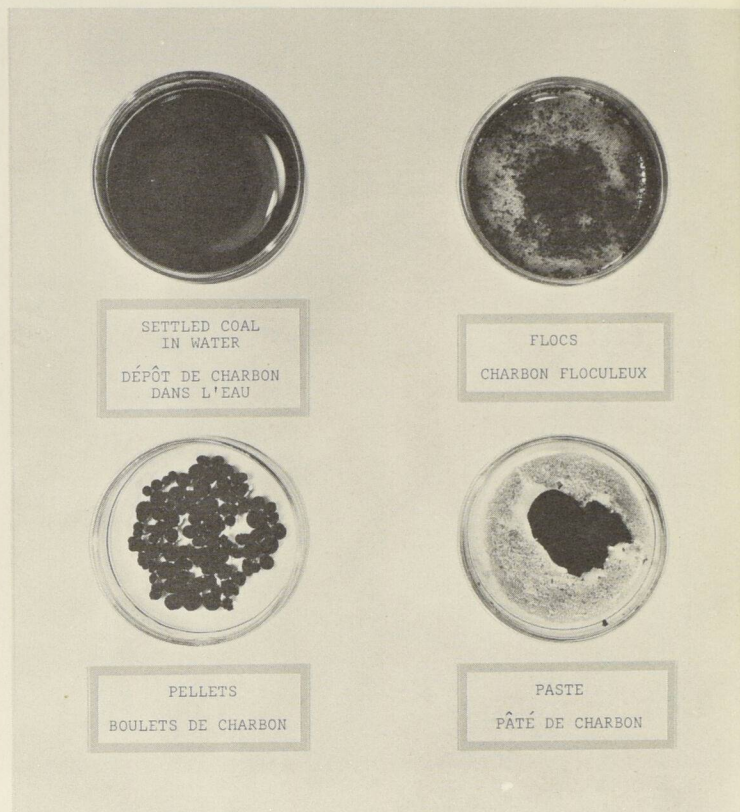
En vue d'obtenir un brevet pour l'agglomération des sphères, M. Puddington effectua en 1957 des études préliminaires sur l'application de cette méthode au charbon. Il précisa qu'à ce moment-là cette dernière application

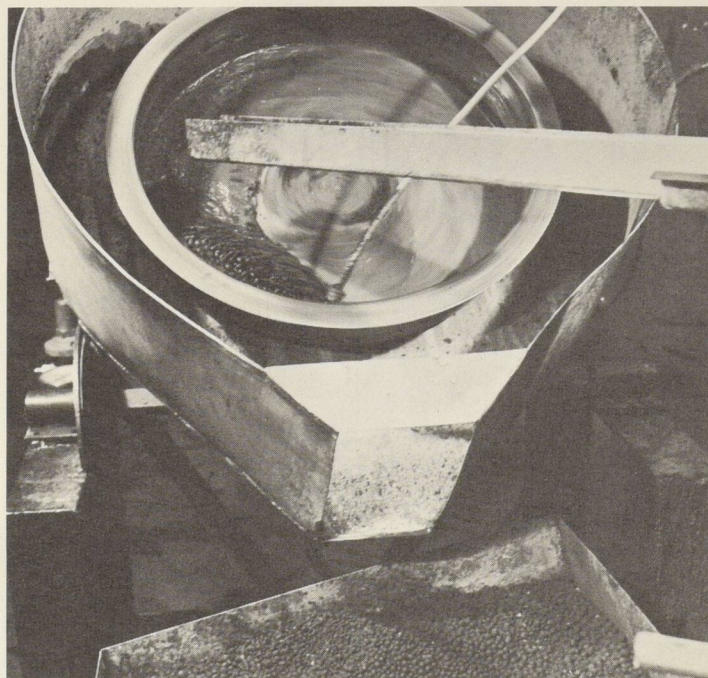
n'était qu'un aspect mineur des possibilités offertes par le phénomène de l'agglomération. Pourtant, ce n'est que récemment qu'un véritable intérêt s'est manifesté de l'extérieur pour ce moyen de raffiner avec profit le charbon de qualité inférieure.

Dans la plupart des procédés d'agglomération des minerais, la surface de particules créées lors du meulage devient hydrophobe après traitement avec des substances appropriées telles que des acides gras. Mais tout en étant hydrophobes, les surfaces se laissent facilement humectées par des liquides insolubles dans l'eau comme l'huile de pétrole brute ou raffinée.

Si on met les particules dans un mélange d'eau et d'huile et on agite le tout, l'huile servira à lier puis à agglomérer les particules d'une manière sélective. Le minerai se séparera facilement ainsi de la terre et des pierres hydrophiles qui, eux, resteront suspendues et dispersées dans le liquide.

Le charbon naturellement hydrophobe offre un avantage car il peut être directement extrait au moyen d'une très grande variété d'huiles.





Gros plan du disque rotatif, d'où sortent les boulets de charbon. Close up view of rotating balling disk where the balled coal product is formed.

M. Puddington affirme que l'avantage de l'agglomération des sphères réside dans son pouvoir de séparer efficacement les éléments carbonnés de la plupart du soufre, de la cendre et de l'eau contenus dans les poussières de charbon (poussières du charbon broyé à l'état de poudre durant le raffinement). L'élimination de la cendre sert à accroître la charge marchande et ainsi à réduire sensiblement les frais de manutention. Le charbon en effet peut contenir jusqu'à 20 pour cent de matériaux pouvant donner des cendres tout en pouvant être utilisé comme combustible.

M. Puddington pense que cette agglomération peut devenir rentable si l'on arrive à mettre sur pied une opération d'envergure utilisant les boues de charbon (mélange obtenu en mouillant les poussières de charbon) pour réduire la cendre de 20 pour cent à 5 pour cent et l'eau de 20 pour cent à 1 pour cent.

Une usine semi-pilote, pouvant traiter environ 200 livres de boue de charbon à l'heure, est maintenant au service de la Section de génie chimique de la Division de chimie appliquée du Conseil. Grâce à cette installation, l'on a

pu raffiner en boulettes contenant moins de 0.5 pour cent d'humidité, 5 pour cent de cendres et 2 pour cent de soufre, du charbon du Nouveau-Brunswick qui avait auparavant une teneur de 20 pour cent d'humidité, 21 pour cent de cendres et 7 pour cent de soufre.

C'est la cokéfaction qui a dernièrement suscité le plus d'intérêt car c'est là où ce procédé a le plus de chance d'être appliqué sur une grande échelle et par conséquent d'être le plus rentable.

A Ottawa, le ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources a mis au point une petite usine pilote destinée à produire suffisamment d'agglomérats pour établir de façon définitive les propriétés de cette cokéfaction. Durant les dix premiers mois de fonctionnement, cette usine a produit tout près d'une tonne d'agglomérats. Cette étude indique que la qualité du coke obtenue en partant de charbon composé en partie ou en entier d'agglomérats égalait et parfois dépassait celle du coke obtenu à partir du charbon ordinaire.

M. J. H. Walsh, directeur de la Section de technique de combustible métallurgique de la Direction des Mines,

prévoit qu'en raison du préchauffage qu'elle permettrait, l'agglomération des sphères devrait épargner jusqu'à un dollar la tonne. Chaque année les fourneaux servant à la cokéfaction au Canada produisent environ 5 millions de tonnes de coke destiné surtout aux hauts fourneaux.

M. Walsh affirme que ce procédé permet de réduire les frais de production en se servant de l'huile extraite durant la cokéfaction et en l'employant comme agent de liaison nécessaire à l'agglomération.

De plus, dit-il, il semble bien que se servir des agglomérats plutôt que des poussières permet l'emploi de techniques de préchauffage. Le temps ainsi épargné devrait accroître de 35 à 40 pour cent la capacité de production d'un fourneau à coke de 20 tonnes.

Ce travail qui, selon M. Walsh, est encore au stade expérimental, est subventionné en partie par la Carbonization Research Association, organisme qui regroupe les compagnies fabriquant du coke pour les hauts-fourneaux, ainsi que les principales sociétés canadiennes produisant le charbon nécessaire aux procédés métallurgiques.

two new accelerators at nrc

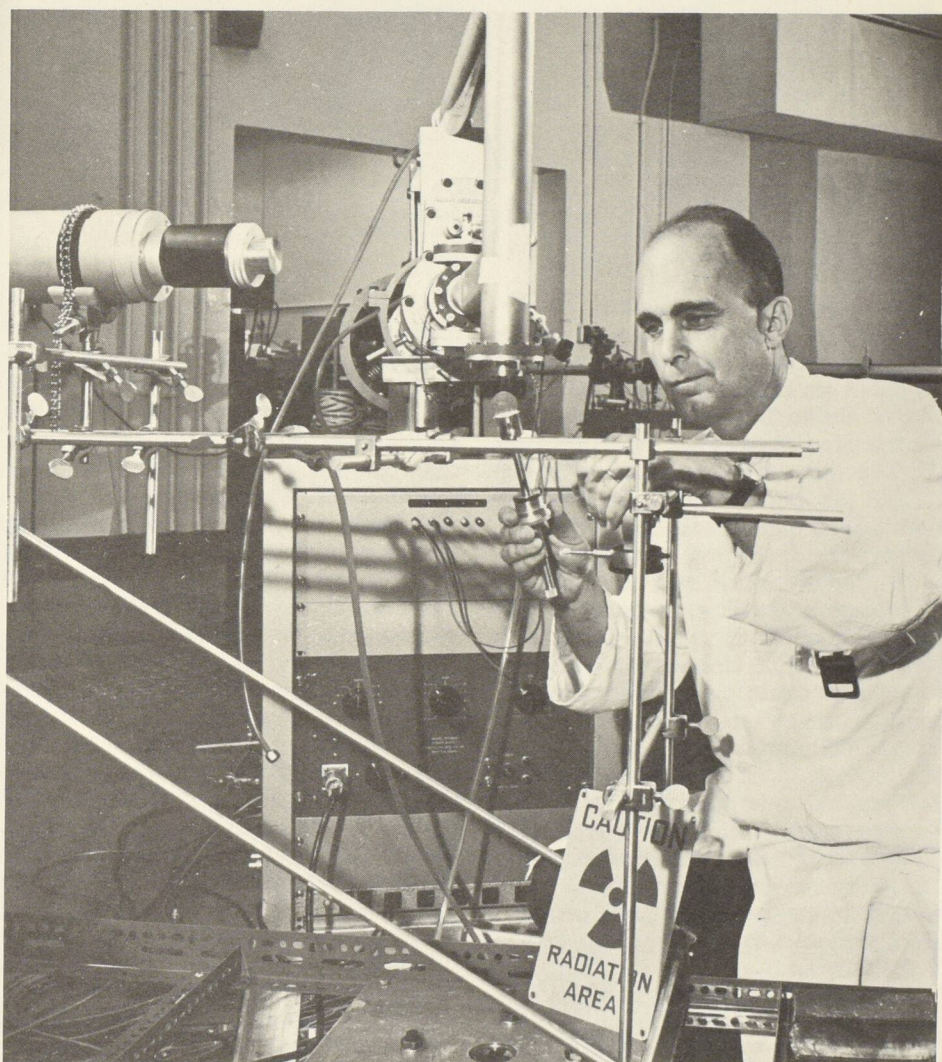
One of the major functions of the Division of Applied Physics of the National Research Council of Canada is to serve as a national standards laboratory, providing all measurement standards which are of relevance in Canada.

Until about 1963, existing facilities of the Division's X-ray and Nuclear Radiations Laboratory were able to meet all Canadian requirements in the fields of X-ray, radio-nuclide and neutron standardization and at the same time establish an international reputation for Canada in these fields.

By 1963, however, Canadian industries, hospitals and universities were making use of radiations of higher energy and intensity than could be achieved with equipment then existing at NRC. The Council was therefore unable to provide the measurements and standards that were becoming necessary in this region.

To remedy this situation and to ensure the safe use of these higher energy ionizing radiations, the Division of Applied Physics acquired a 4-MeV (million electron-volts) positive-ion accelerator for neutron production and measurement and for the study of neutron reactions. This accelerator, operated under the direction of Dr. K. W. Geiger, was installed in a new laboratory complex at the NRC's Montreal Road Laboratories in Ottawa, and was commissioned in 1968. This was followed by the installation of a 36-MeV electron linear accelerator in the same complex. This unit, operated under the direction of Dr. K. H. Lokan, was commissioned in April, 1969, following extensive operational trials. It is being used in the increasingly important area of radiation dosimetry (i.e. the reliable determination of the absorbed dose) of high energy X-rays and electrons.

The Division's dosimetry program, under the direction of Dr. W. H. Henry, consists of research in radiation dosimetry and a routine calibration service. The research embraces fundamental studies of the interaction of electrons and X-rays with matter and the design and development of improved absorbed dose standards. A calibration facility is thereby maintained for the higher radiation energies that accelerators are making available.



Dr. K. W. Geiger inserting a target into the beam line of the positive-ion accelerator.

M. K. W. Geiger met en place une cible pour le faisceau émis par l'accélérateur d'ions positifs.

Password: safety

Elaborate safeguards against hazards from radiation have been established in the laboratories housing NRC's two new accelerators. It is virtually impossible for appreciable radiation to escape from the accelerator areas, or for anyone inside to be exposed to an overdose of radiation. More shielding is required in the linac laboratory because of the higher radiation energies and powers involved.

The foundation of the linac laboratory is set 20 feet into rock. The experimental area has a four-foot thick concrete slab on its roof and this in turn is topped by 10 feet of sand. The control room is separated from the experimental area by high-density concrete walls that are seven feet thick and give the protection of 11 feet of ordinary concrete.

Access to the linac area is strictly controlled because the electron beam generated by the accelerator can deliver a fatal radiation dose in a fraction of a second of direct exposure. All persons entering the laboratory must communicate by two-way radio with control room operators. The entrance to the laboratory then is unlocked and entry can be gained to the control room, where visitors are briefed on safety procedures. No one may enter the experimental area from the control room without removing and carrying one of 13 safety interlock keys located on the machine's control panel. All of these keys must be in the panel before the experimental area's 32-ton

steel-sheathed concrete entrance doors can be closed. The accelerator will not operate unless the doors are closed.

Safety precautions also have been taken in the extremely unlikely event that someone should accidentally find himself in the experimental area during start-up procedures. During the 90 seconds it takes to close the concrete doors a siren is sounded. An interloper, on hearing the siren, can prevent the accelerator from going into operation by pressing any one of 15 "panic" buttons on the walls of the experimental area.

An air sampler sets off an alarm in the event of an excess buildup of radioactivity in the experimental area. All air in the air-conditioned experimental area goes through an elaborate filtering system to remove any radioactivity before it is exhausted through an outside stack.

Workers in the linac laboratory and in the one housing the positive ion accelerator wear film badges provided by the Department of National Health and Welfare to verify that they do not absorb radiation above internationally established tolerance levels. These badges are checked every fortnight. Each worker also carries a pocket ionization chamber that immediately informs him whether he is in an area where radiation is excessive.

The wisdom of all these precautions is best illustrated by the accident-free record of the X-Ray and Nuclear Radiations Laboratory.

There are currently about 10 accelerators in Canada that are attached to hospitals and cancer clinics and used routinely for radiation therapy.

The positive ion generator was designed and built by the High Voltage Engineering Corporation of Burlington, Massachusetts. An electrostatic high voltage generator which exceeds a direct current potential of four million volts, it is being used to accelerate ions. The energy reached by such ions is sufficient to produce nuclear reactions in nearly all elements.

Essentially, high voltage production is achieved in the accelerator by spraying an electric charge onto a moving belt and transporting it into a high voltage terminal. Inside the terminal the charge is removed and therefore brings the terminal to a high potential. Since electrical discharge into the air is a serious voltage limitation, the generator is enclosed in a pressure vessel filled with sulfur hexafluoride, an insulating gas. This increases voltage and charge density on the belt to about four times that possible in the open atmosphere.

The ions are produced in the inside of this high voltage terminal within a small glass vessel where an electrical gas discharge takes place, much as in a fluorescent tube. The ions pass through a small hole into the evacuated accelerator tube where they attain an energy corresponding to the D.C. voltage applied. An electromagnet deflects the accelerated ions into the desired experimental area and also separates out unwanted ions. Atomic hydrogen ions (H^+ , also called protons) and helium ions are presently used as projectiles. Since singly charged helium ions, He^+ , can be stripped of their second electron, a "stripper" has been incorporated into the machine to produce He^{++} (or alpha particles). Such doubly-charged ions will then reach twice the energy: a He^{++} ion will reach an energy corresponding to eight million volts in a four-million-volt D.C. machine.

Because of this unique feature available on the NRC machine, most of the work centres around irradiations with He^{++} . Two major experiments are in progress. The first experiment is concerned with neutrons — neutral nuclear particles which play an important role in the production of nuclear energy.

Neutrons may be produced by alpha, neutron reactions and can also be produced by radioactive alpha-emitters, usually by a reaction on beryllium. The neutron spectrum of such radioactive neutron sources is of major importance for neutron dosimetry and neutron calibrations since such sources can serve as standards.

The other experiment is being conducted in co-operation with the University of Toronto, and involves the investigation of nuclear structure by nuclear spectroscopy. Energy levels in a number of nuclei are being studied using methods somewhat similar to those used by optical spectroscopists in the study of atomic structure. Co-operation with Carleton University and the University of Ottawa has extended the work to the determination of life times of such energy levels. Time intervals as short as one-tenth of a billionth of a second can be measured.

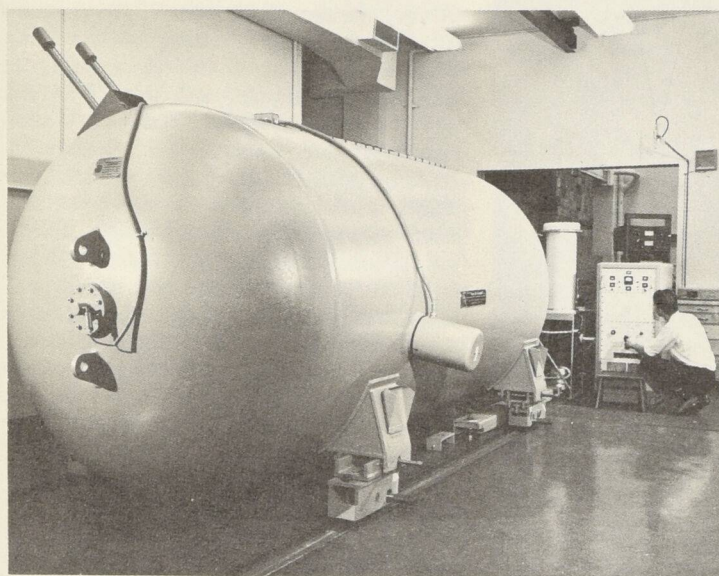
The electron linear accelerator, built by the Radiation Division of Vickers in England consists of four

accelerating sections, placed end to end, with an electron injector at the input. Each section is fed with five megawatts of pulsed microwave (radio frequency or RF) power, and the electromagnetic wave propagates down the length of each section. The RF power is sustained for a period of up to four microseconds, and is repeated up to 200 times per second. Electrons are injected into the first section, and are accelerated by the electric field of the RF wave that is travelling down the section. The section is designed in such a way that, as the electrons gain speed, the speed of propagation of the RF wave is increased to match exactly that of the electron.

Bunches of electrons collect at the crest of each RF wave and simply move through the accelerator riding on the crest in precisely the same way that a surfer is accelerated by an ocean wave. Electrons emerge from the first section with an energy of about nine MeV, and are accelerated through the remaining three sections in the same

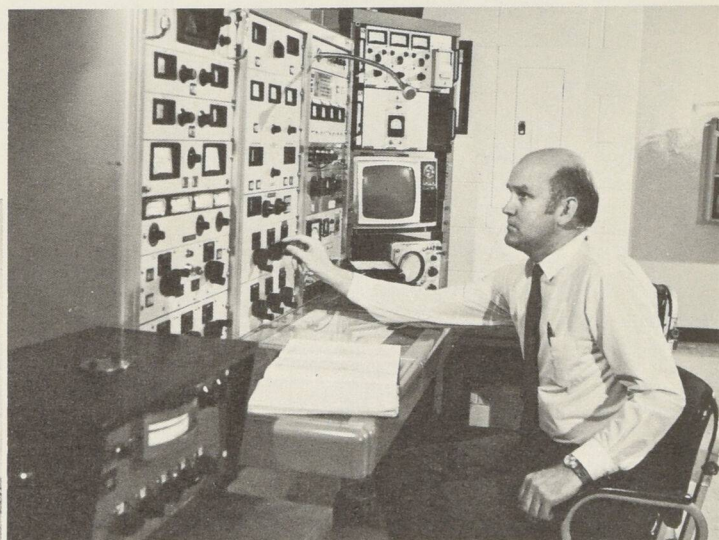
way, achieving a maximum energy of 36 MeV. By reducing the number of electrons, useful electron beams of up to 50 MeV may be obtained.

The final electron beam emerging from the accelerator enters a "switch-yard" of deflecting and focussing electromagnets which direct the beam to any of three experimental working areas. The beam is then used in these areas, either directly as a high power source of electrons or more frequently as a means of generating a very intense field of X-rays by bombarding a target with the electron beam. Since the average electron beam power may be as high as seven kilowatts, contained within a half-inch diameter, elaborate precautions must be taken to prevent the beam from melting its way through any material that it strikes. This is achieved by efficient water cooling or by simply ensuring that the beam cannot reach vulnerable points. There are a number of automatic protection devices installed on the accelerator to switch it off in the event that



David Elliott of the X-ray and Nuclear Radiations Laboratory checking controls of the vacuum system of the positive-ion accelerator.

M. David Elliott, du Laboratoire des Rayons X et Rayonnement Nucléaires, vérifie le vide poussé de l'accélérateur d'ions positifs.



Dr. Robert Storey at the control panel of the positive-ion accelerator.

M. Robert Storey au panneau de commande de l'accélérateur d'ions positifs.

the electron beam is misdirected.

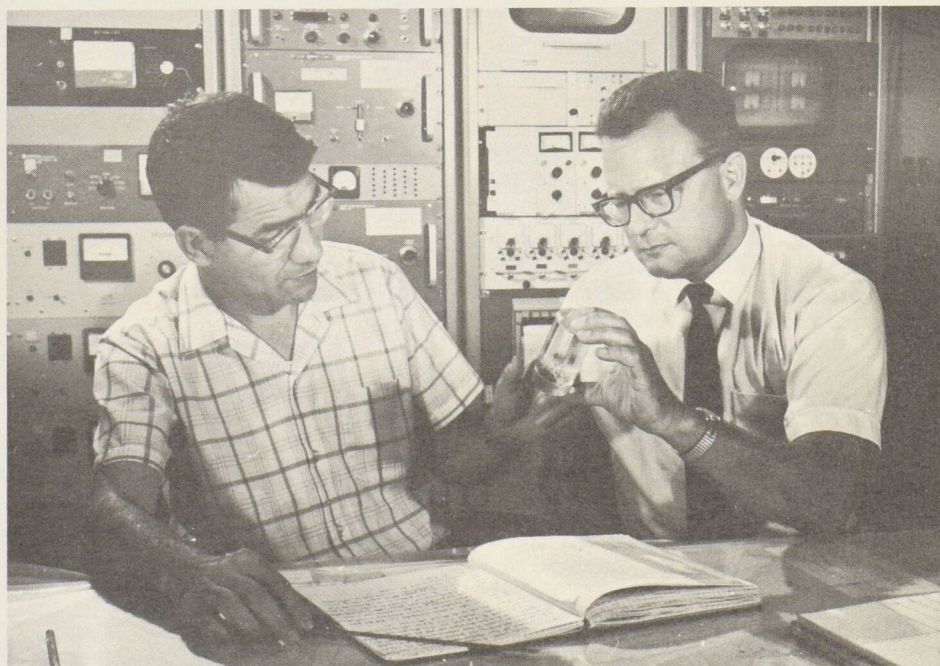
Partly because this accelerator is the most recent of its kind, and partly because certain particular characteristics were specified to the contracting manufacturer, the linac has several desirable operating features. In the first place it is an extremely stable machine, with excellent reproducibility of performance from day to day. This is essential for its use in the development of standardization instruments. Secondly, there has been installed half-way along the accelerator an electromagnet of novel design, known as a pretzel magnet, which behaves as a perfect mirror when it is switched on, and "reflects" the electron beam through ninety degrees without changing its characteristics in any way. The first half of the accelerator may therefore be used by itself as a low-energy electron linear accelerator, for experiments which do not require the full machine capability. Thirdly, the electron injector takes advantage of the

most recent engineering developments, and makes it possible to generate extremely short pulses of electrons (lasting three billionths of a second) at very high currents (five amperes).

The electron linear accelerator may be applied fruitfully in many of the natural sciences. In addition to dosimetry, two areas of research have been established to take advantage of the properties of this particular accelerator. These are the fields of pulse radiolysis and photoneutron spectroscopy, and both take advantage of the accelerator's excellent short pulse characteristics. Both fields are relatively new, and have developed partly because of availability of high-current, short-pulse, electron linear accelerators. Pulse radiolysis is the study of the short-term behavior of materials under the influence of ionizing radiations, and is a branch of radiation chemistry, with implications in liquid and solid state physics. Photoneutron spectroscopy is a specialized area of nuclear physics,

where the properties of nuclei are investigated by observing the neutron distributions obtained when nuclei are irradiated with X-rays. Physicists from Trent University are already actively collaborating with the photoneutron group in their studies.

"Besides serving as a very important facility for the development of national standards in the field of ionizing radiations, one of the most pleasing aspects of the accelerator program is the fact that fields of research which are now developing are of considerable interest to research workers in a number of Canadian universities and research institutes," says Cyril Garrett, Head of the X-Ray and Nuclear Radiations Laboratory. "More programs of this type should be developed in similar major federal government facilities and it is anticipated that further co-operative programs will be established in the very near future in the fields of dosimetry and pulse radiolysis."



Dr. K. H. Lokan and Alex Nowak examine a target following an experiment with the electron linear accelerator.

MM. K. H. Lokan et A. Nowak examinent une cible irradiée par l'accélérateur linéaire.

comment maîtriser un agent mortel

Dans les domaines touchant à l'industrie, à la recherche et à la médecine canadiennes, les deux accélérateurs du Conseil contribuent à dompter les radiations à haute énergie

Un des rôles principaux de la Division de physique appliquée du Conseil national de recherches du Canada est de servir de Laboratoire national d'étalonnage pour fixer des étalons de mesure.

Le laboratoire étudiant les rayons X et les radiations nucléaires a suffi aux besoins canadiens d'étalonnage des rayons X, des radionuclides et des neutrons jusqu'en 1963. Il a joui en son temps d'une réputation internationale.

Mais dès 1963, les industries, les universités et les hôpitaux canadiens se sont servis d'équipement émettant des radiations plus puissantes et plus intenses que celles pouvant être émises et étalonnées par l'outillage du Conseil national de recherches. Le Conseil ne pouvait plus établir des normes et des mesures de sécurité contre ces radiations.

Afin de combler cette lacune et d'assurer une plus grande sécurité dans l'emploi de ces intenses radiations ionisantes, la Division s'est procuré un accélérateur d'ions positifs de 4 millions d'électron-volts permettant de produire et de mesurer les neutrons ainsi que d'étudier leurs réactions. Installé dans un nouveau centre de recherches faisant partie des laboratoires du Conseil, à Ottawa, l'accélérateur utilisé sous la responsabilité de M. K. W. Geiger, fut mis en marche pour la première fois en 1968. Un peu plus tard on enrichit ce laboratoire d'un accélérateur linéaire (chef responsable: M. K. H. Lokan) ayant une puissance de 36 millions d'électron-volts. Après plusieurs essais, cet appareil est, depuis avril dernier, au service d'un domaine de plus en plus important – la dosimétrie i.e., l'analyse des "doses" de radiations intenses d'électrons et de rayons X.

Dans ce domaine, le programme d'études, dirigé par M. W. H. Henry, comprend non seulement la dosimétrie

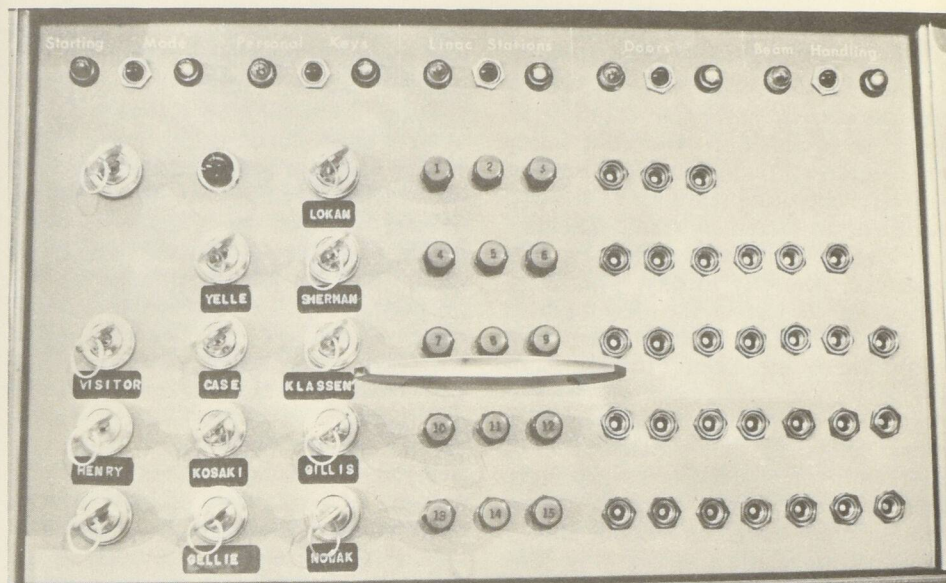


Photo du haut: les treize clés de sécurité insérées dans le panneau de commande de l'accélérateur linéaire. En bas: un des 15 boutons de secours placés sur les murs de la section expérimentale du laboratoire.

(Danger: Appuyer immédiatement sur ce bouton si vous entendez la sirène)

The 13 safety interlock keys located on the control panel of linac accelerator (above). Below: one of 15 "panic" buttons on the walls of the linac laboratory.



Mot de passe: sécurité

Le laboratoire où se trouvent les deux accélérateurs du Conseil national de recherches a mis au point des mesures de protection hautement efficaces contre les dangers de la radiation. Il est presque absolument impossible que les radiations sortent en quantités appréciables du secteur expérimental et que de fortes doses contaminent ceux qui y travaillent. A propos, puisque les énergies et les puissances de l'accélérateur linéaire dépassent celles de l'autre accélérateur, celui-là est protégé par un blindage plus important.

Ce centre de recherches est construit à 20 pieds sous le roc. De plus, le centre de commande est séparé du laboratoire par un mur de 7 pieds d'épaisseur en béton de forte densité, qui assure une protection semblable à celle que procurerait un mur épais de 1 pied, construit en béton ordinaire. Finalement, la section expérimentale de l'ensemble est recouverte d'une dalle ayant 4 pieds d'épaisseur et revêtue de 10 pieds de terre.

On a rigoureusement limité l'accès à la section expérimentale du laboratoire et pour cause, car une exposition directe d'une fraction de seconde au faisceau électronique émis par l'accélérateur linéaire serait fatale. Tous ceux voulant entrer dans le laboratoire doivent d'abord communiquer par radio avec le personnel au centre de commande après quoi ils passent par le laboratoire au centre de commande où les mesures de sécurité leur sont exposées. En outre, il y a 13 clés de sécurité. Toute personne voulant entrer dans la section expérimentale doit avoir une clé. Ceci prévient un démarrage accidentel puisque toutes les treize clés doivent être insérées en

même temps dans le panneau de commande pour que les portes, de 32 tonnes de béton et recouvertes d'une armure d'acier, puissent se fermer; tant que les portes restent ouvertes, l'accélérateur ne peut pas fonctionner.

Il est à noter qu'avant la fermeture des portes, on fait retentir une sirène durant 90 secondes. Mais si par un accident très improbable, quelqu'un se trouve enfermé à l'intérieur, il n'aura qu'à presser l'un des quinze boutons de secours placés sur les murs de la section expérimentale du laboratoire. Ainsi il arrêtera cette fermeture et de ce fait empêchera la mise en marche de l'accélérateur.

Un système d'échantillonnage de l'air est utilisé pour protéger contre les dangers de l'irradiation de l'air. L'analyseur d'air déclenche une alarme lorsqu'il détecte une accumulation excessive de radiations dans le centre de commande. Tout l'air passant par le secteur expérimental, qui est climatisé, est filtré à travers un tuyau de sortie avant d'être expulsé. Afin que le niveau de tolérance d'absorption de radiation, selon les normes internationales, soit respecté, le personnel travaillant dans le laboratoire de l'accélérateur linéaire et dans celui qui étudie les ions positifs doivent porter des dosimètres, plaques avec filtre sensible aux radiations, fournis par le Ministère de la santé national et du bien être social et vérifiés toutes les 2 semaines. Chaque employé doit également porter sur lui un dispositif qui analyse le degré d'ionisation, et qui lui indique les régions de radiation excessives.

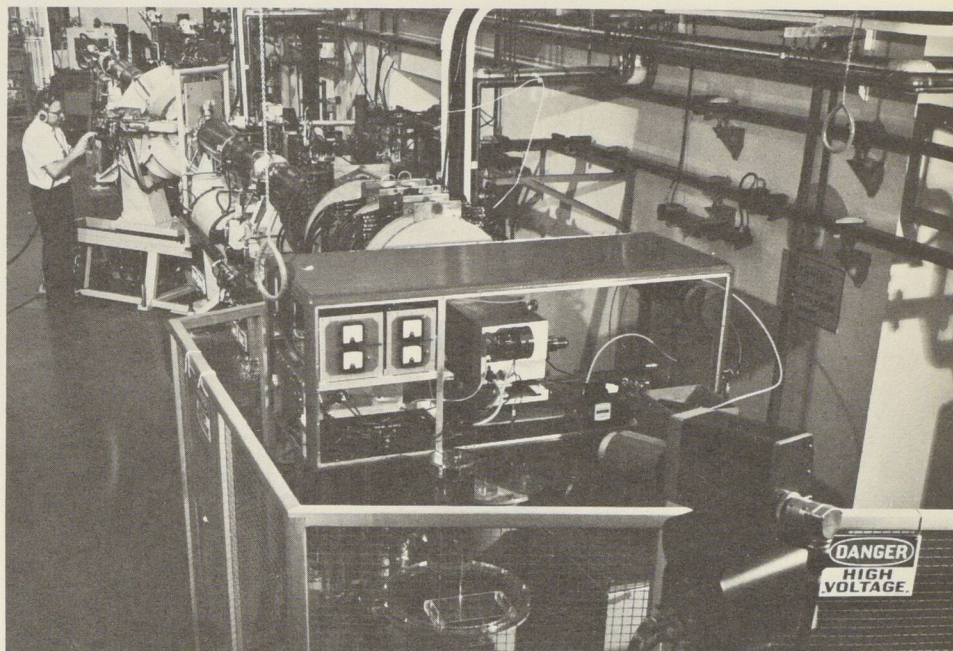
Il n'y a jamais eu d'accidents dans cette Section; voilà la meilleure preuve de l'efficacité de ces mesures imposées à titre préventif.

proprement dite mais encore un service d'étalonnage. Les recherches visent à étudier l'interaction des électrons et des rayons X avec la matière ainsi que la création et la mise au point de meilleurs standards de protection contre les doses absorbées. Dans ce laboratoire, les chercheurs sont donc en mesure d'étalonner les radiations puissantes émises actuellement par les accélérateurs. Aujourd'hui au Canada, il existe une dizaine d'accélérateurs tous jouant un rôle important dans la lutte contre le cancer et autres maladies.

Le générateur d'ions positifs fut conçu et fabriqué par la High Voltage Engineering Corporation de Burlington, Mass., E.U. Générateur électrostatique à haute tension pour accélérer les ions, il peut excéder un potentiel de courant continu de 4 mégavolts; il atteint alors une énergie suffisante pour provoquer des réactions nucléaires dans presque tous les éléments chimiques.

On crée ces hautes tensions en expédiant une charge électrique sur une courroie qui la transporte vers une borne de haute tension. On obtient ensuite, en enlevant cette charge, un potentiel très élevé dans la borne. Puisque toute décharge électrique dans l'air diminue considérablement la haute tension, on a placé le générateur dans un récipient rempli d'un gaz isolant, sous pression, et appelé hexafluorure de soufre. Avec ce système, on peut produire 4 fois plus de voltage que sous la pression atmosphérique normale.

Les ions se forment dans une petite cuve de verre à l'intérieur de cette borne de haute tension, où se produit une décharge électrique de gaz, similaire à celle qui a lieu dans un tube fluorescent. Ces ions passent à travers un orifice dans le tube d'accélération où le vide a préalablement été fait et où ils atteignent une énergie équivalente au potentiel du courant appliqué. Un aimant fait dévier ensuite les ions vers un des secteurs d'expérimentation de l'accélérateur, tout en rejetant les ions inutiles. Les projectiles dont on se sert présentement sont les ions d'hydrogène (H^+ , appelés aussi protons) et les ions d'hélium. Puisque les ions d'hélium dépouillés d'un électron (He^+) peuvent aussi perdre leur deuxième électron, on a introduit dans



Alex Nowak making adjustments to the electromagnet on the electron linear accelerator.

M. A. Nowak en train de remettre à point l'électro-aimant de l'accélérateur linéaire.

l'appareil un agent de dépouillement pour produire des He^{++} (particules alpha). Ces derniers ions, atteindront deux fois plus d'énergie; un ion He^{++} sera doué d'une énergie équivalente à huit mégavolts dans un champ électrique d'un courant continu de quatre mégavolts.

À cause de cette caractéristique unique de l'appareil du Conseil, les recherches portent particulièrement sur les irradiations par He^{++} . Deux études importantes sont en cours: l'une concerne l'examen de la structure du noyau au moyen de la spectroscopie nucléaire et s'effectue en collaboration avec l'université de Toronto. Les niveaux d'énergie dans divers noyaux sont à l'étude selon des méthodes expérimentales assez semblables à celles généralement employées par les spectroscopistes. En collaboration avec l'Université Carleton et l'Université d'Ottawa, le Conseil tente actuellement de déterminer la vie de ces niveaux. À cette fin l'on mesure des intervalles extrêmement brefs, à savoir d'un dix-billionième de seconde ($1/10^{10}$).

L'autre projet effectue des recherches fondamentales sur les neutrons, particules nucléaires neutres qui jouent un rôle important dans la production de l'énergie nucléaire. De plus, on a

projeté des recherches en chimie nucléaire qui seraient effectuées conjointement avec l'Energie Atomique du Canada Limitée à son laboratoire nucléaire de Chalk River. Le générateur sert aussi à l'accélération des électrons pour la production des rayons X d'énergie comprise entre celle du cobalt 60 et celle obtenue grâce à l'accélérateur linéaire. Les dispositifs de ce laboratoire suffiront donc à produire toute la gamme d'énergies des rayons X et gamma qui intéressent la médecine et l'industrie.

L'accélérateur linéaire fabriqué par Vickers Radiation Division d'Angleterre se compose d'un tube d'accélération formé de quatre éléments. À l'entrée se trouve un injecteur d'électrons. On alimente chacun de ces éléments avec cinq mégawatts de micro-ondes pulsées, de sorte qu'une onde électro-magnétique est propagée sur la longueur de chaque élément. Les pulsations, durant jusqu'à quatre microsecondes, sont répétées 200 fois à la seconde. L'on injecte simultanément dans l'entrée du tube des électrons qu'accélère le champ électrique créé par les micro-ondes qui elles, se propagent. Le fonctionnement de la première partie du tube assure une vitesse

de propagation des micro-ondes toujours identique à celle des électrons.

Des groupes d'électrons s'agglomèrent sur la crête des micro-ondes et "chevauchent" sur elles à travers tout l'accélérateur, de la même façon qu'un pratiquant du surf se laisse emporter de plus en plus rapidement par la vague marine. Les électrons sortant de la première partie du tube possèdent une énergie d'environ neuf millions de volts. Mais à l'extrémité du tube, ils auront atteint une énergie maximum de 36 millions de volts. En réduisant le nombre d'électrons, on peut obtenir des faisceaux ayant jusqu'à 50 millions de volts.

Le faisceau d'électrons sortant de l'accélérateur linéaire passe à travers un couloir de triage muni d'électro-aimants qui le défléchissent où le focalisent pour l'orienter vers une des trois cibles où ce faisceau sera employé soit comme source intense d'électrons, soit pour créer, en bombardant une cible, un champ intense de rayons X. Puisque la puissance moyenne d'un faisceau d'électrons d'un demi pouce de diamètre peut atteindre sept kilowatts, on a dû mettre au point un réseau complexe de mesures imposées à titre préventif afin de s'assurer que le faisceau ne fonde pas la matière irradiée.

On a conçu, à cet effet, un système efficace de refroidissement d'eau ainsi que divers moyens par lesquels on pourrait empêcher les rayons d'attaquer les points les plus vulnérables. Plusieurs dispositifs automatiques de protection, fixés à même l'appareil, peuvent couper le courant de l'accélérateur si le faisceau d'électrons se dés-oriente.

Le mécanisme de cet accélérateur linéaire possède certaines caractéristiques très enviables qui sont dues d'une part à sa nouveauté et d'autre part à certaines mises au point que l'on avait suggérées au fabricant. Primo, c'est d'abord un appareil dont la qualité du fonctionnement continu est très stable. Lorsqu'il s'agit de fabriquer des instruments d'étalonnage, cette fiabilité est de toute première importance. Secundo, on a fixé aussi au milieu de l'accélérateur un nouveau genre d'électro-aimant qui joue le rôle d'un miroir de grande perfection réfléchissant le faisceau d'électrons sous un angle de 90 degrés sans toutefois en altérer la qualité. Les deux premiers éléments du tube d'accélération peuvent alors servir à eux seuls d'accélérateur linéaire de faible énergie pour les expériences ne nécessitant

pas la puissance maximale de l'appareil. Tertio, l'injecteur d'électrons, profitant des progrès industriels les plus récents, fournit un rendement bien supérieur à celui des appareils précédents. Cet injecteur permet, par exemple, d'émettre à des courants très intenses (cinq ampères) des jets très brefs d'électrons (durant trois millièmes de seconde).

L'accélérateur linéaire pourrait être employé avantageusement dans diverses branches des sciences naturelles. A l'aide de cet instrument, à part la dosimétrie, l'on étudie la radiolyse par pulsations et la spectroscopie par photoneutrons, deux nouveaux domaines de recherches qui sont nés et ont évolué grâce à l'existence des accélérateurs linéaires à courant puissant et émettant des impulsions brèves. La radiolyse par pulsations fait partie de la radiochimie et est liée à la physique des états solide et liquide. C'est la décomposition des substances chimiques obtenue par l'action des radiations ionisantes. La spectroscopie par photoneutrons, d'autre part, appartient à la physique nucléaire où l'on étudie les propriétés des noyaux en constatant la répartition des neutrons à la suite d'une irradiation par des rayons

X. Plusieurs physiciens de l'Université Trent collaborent déjà avec l'équipe du Conseil pour étudier les photoneutrons.

D'autres disciplines encore pourraient profiter d'un tel accélérateur, mais ce laboratoire se penchera uniquement sur ces trois disciplines afin de les approfondir. Or, les domaines sont étroitement liés entre eux et les progrès qui se font actuellement dans l'un d'eux sert aussi bien aux autres.

En plus de servir de centre très important d'étalonnage national pour les radiations ionisantes, l'un des avantages les plus marqués de ce programme est l'intérêt considérable que suscitent auprès de plusieurs universités et instituts canadiens de recherches les nouveaux domaines d'études auxquelles servent ces accélérateurs.

M. Cyril Garrett, directeur du Laboratoire étudiant les rayons X et les radiations nucléaires souhaite que l'on institue plusieurs autres programmes de ce genre touchant les principaux laboratoires du gouvernement fédéral. En effet, on prévoit que très bientôt divers programmes conjoints seront établis dans les domaines de la dosimétrie et de la radiolyse pulsée.

Panneau d'avertissement à l'entrée du laboratoire.

(Pour raison de sécurité, l'entrée est limitée au personnel de ce laboratoire.

Utilisez l'interphone pour communiquer avec la salle de contrôle)

Sign at entrance of the linac laboratory.



**FOR REASONS OF SAFETY
ENTRANCE TO THIS LABORATORY
IS RESTRICTED TO LINAC
STAFF ONLY
TO COMMUNICATE WITH CONTROL-
ROOM USE THE INTERCOM STATION**

