

SCIENCE DIMENSION

1976/2



National Research
Council Canada

Conseil national
de recherches Canada

4 New horizons

An Associate Committee guides the development of a growing Canadian industry.

Horizons nouveaux 5

Un comité associé guide le développement d'une industrie canadienne grandissante.

8 Stepladder to the laser

Powerful stable laser radiation and microwave sources provide a new tool for exploring matter.

Escabeau vers le laser 9

Des sources de radiations micro-ondes et laser, puissantes et stables, sont à la base d'un nouvel instrument d'exploration de la matière.

14 Exploring the quantum jungle

NRC and Carleton University collaborate in high energy physics research.

Dans la jungle des quanta 15

Le CNRC et l'Université Carleton collaborent en physique des énergies élevées.

20 Portrait of HC₅N

November breakthrough — first such discovery made in Canada.

Portrait du HC₅N 21

La percée de novembre. Première découverte de cette nature au Canada.

24 The backtender's friend

IRAP grant assists Consolidated-Bathurst.

Subvention PARI à Consolidated-Bathurst 25

Les machines à papier à l'ère électronique.

28 Achievement for harmony

Publication of Committee's findings provides basis for design of environmental law.

On parvient à l'harmonie 29

Les publications du comité fournissent une base pour les lois sur l'environnement.

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

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

Managing Editor Loris Racine Directeur

Editor Joan Powers Rickerd Rédactrice-en-chef

Wayne Campbell

Associate Editors

Dr. Wally Cherwinski

Rédacteurs-en-chef adjoints

Designer and Print Supervisor Robert Rickerd

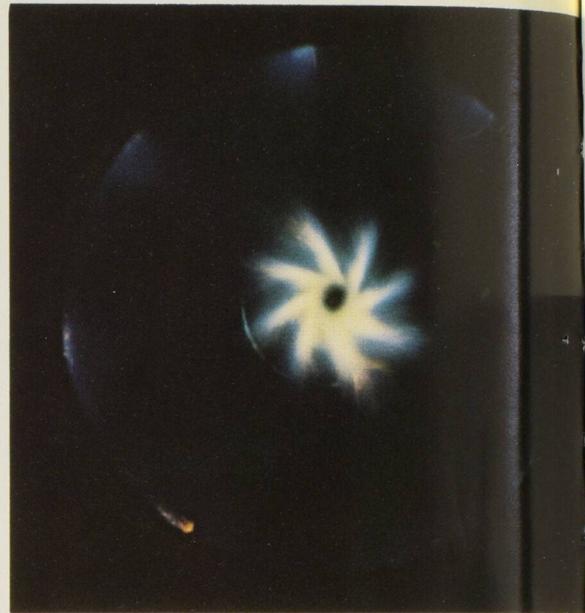
Maquettiste et contrôleur de l'impression

Photography Bruce Kane Photographie

Printer Dollico Imprimeur

31059-5-0782

Air swirl generator The blue flame



George Hunter, Toronto

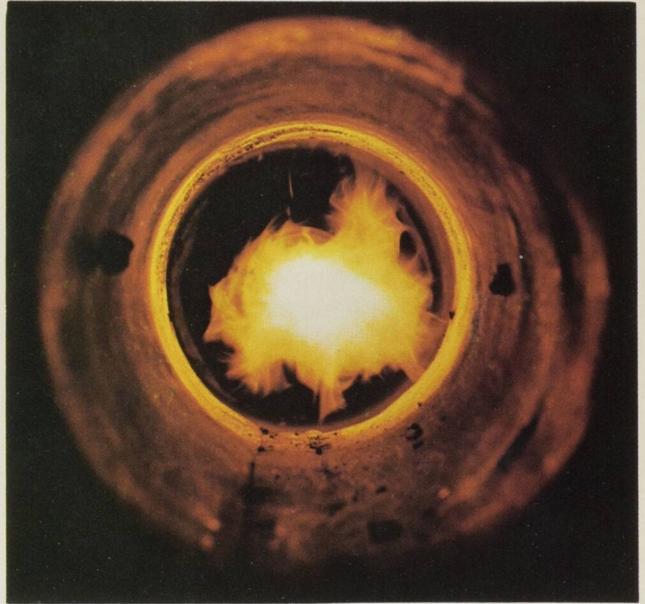
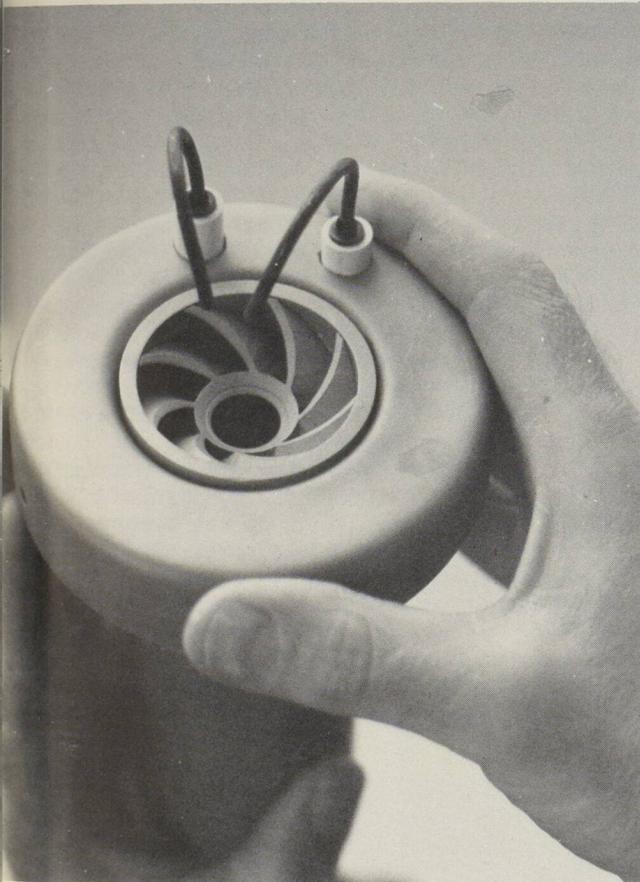
A 10 per cent saving in the cost of furnace fuel for some per cent of Canadian homes which use oil is anticipated with a new type of nozzle design for oil burners developed in the Canadian Combustion Research Laboratory of the Department of Energy, Mines and Resources. The new oil burner assembly is being patented by Canadian Patents and Development Limited (CPDL), a subsidiary of the National Research Council. CPDL's main objective is to assist in making the licensable products of publicly-financed research and development available to the public, through industry.

Conventional designs of oil burner assemblies for home heating fuel oils employ a traditional fuel-air mixing process in which the evaporation and combustion of the fuel oil take place simultaneously. In one form of assembly, the fuel oil is sprayed as a hollow cone and air is weakly swirled along a path which is parallel to the axis of a burner blast tube and which passes into the hollow cone so that the trajectories of the fuel oil droplets cross the air flow streamlines. This leads to a rapid evaporation giving fuel oil rich regions which do not turn ignite and produce soot, resulting in air pollution and a waste of a fossil fuel. The visible flame from such a system is yellow. The yellow color is the visible radiation from the high temperature soot particles, a result of unburnt carbon. For a soot-free or blue flame, complete combustion of the carbon must take place.

The new burner design (left) produces a clean, soot-free flame, compared with the conventional one (right). It also provides approximately 10 per cent improvement in efficiency, an important consideration from an energy conservation standpoint. This is achieved by the new burner nozzle design which imparts a swirling motion to the fuel-air mixture, improving the diffusion of the oil particles through the air, so that they more or less completely evaporate prior to combustion. A modification can be made to existing home furnaces and, in addition, furnaces using this assembly will require less cleaning.

A number of prospective licensees are currently evaluating the device. □

Brûleur tourbillonnaire - La flamme bleue



George Hunter, Toronto

Une économie de 10% sur le coût du combustible des calorifères, s'appliquant à environ 60% des habitations canadiennes, devrait être réalisée par un nouveau type de tuyère conçu pour les brûleurs et développé par le Laboratoire canadien de recherche sur la combustion du Ministère de l'Énergie, mines et ressources. Ce nouveau brûleur est en cours de prise de brevet par la Société canadienne des brevets et d'exploitation limitée (SCBE), filiale du Conseil national de recherches.

Les brûleurs de mazout habituels utilisés pour chauffer les habitations sont basés sur un processus de mélange de l'air et du combustible traditionnel au cours duquel l'évaporation et la combustion du mazout ont lieu simultanément. Dans un cas, le mazout est pulvérisé sous la forme d'un cône creux et l'air spirale faiblement selon une trajectoire parallèle à l'axe d'un tube de flamme du brûleur et qui passe dans le cône creux, de sorte que les trajectoires des gouttelettes de combustible traversent les lignes de courant de l'écoulement d'air. Ce processus conduit à une évaporation rapide donnant des régions riches en combustible qui, à leur tour, s'allument et donnent de la suie, polluant ainsi l'air et gaspillant du combustible. La flamme jaune que l'on voit dans un tel système est ce qui est visible, sur le plan des radiations, des particules de suie à hautes températures résultant du carbone non brûlé. Pour qu'il n'y est pas de suie, il faut que la flamme soit bleue, c'est-à-dire que la combustion du carbone soit complète.

Le nouveau brûleur (à gauche) donne une flamme propre, sans suie, lorsqu'on la compare à celle de droite donnée par le brûleur traditionnel. Ce meilleur rendement est donné par le nouveau brûleur qui communique au mélange combustible-air un mouvement spirale améliorant la diffusion des particules de combustible dans l'air de sorte que les gouttelettes sont plus ou moins complètement évaporées au moment de la combustion. Une modification peut être faite pour que les calorifères utilisés actuellement dans les habitations puissent bénéficier de cette amélioration. □

Agriculture and forestry aviation - New horizons

NRC's 32-member Associate Committee on Agricultural and Forestry Aviation monitors international technological development and utilization of aircraft employed in agriculture and forestry operations and guides the development of a growing Canadian industry by assessing the design, safety and performance of aircraft and equipment used in this context.

In today's world, food production is of vital importance to the economic well-being of all nations. For this reason, the aerial distribution of chemical materials (e.g. herbicides and pesticides) for the control of plant and animal pests is assuming a greater importance in the growth of crops.

There are other, equally important uses of aircraft in agriculture, such as in seeding fields and spreading fertilizers necessary to crop growth. In addition, spray techniques have public health applications. Diseases such as Western Equine Encephalitis, commonly called sleeping sickness and usually transmitted from horses to humans by the mosquito, can be controlled in this manner.

In view of the widespread use of aircraft in this context, the National Research Council of Canada set up a 15-member Associate Committee on Agricultural and Forestry Aviation in 1965. Composed of representatives from Canadian industry, government and universities, it now monitors international technological development and utilization of aircraft employed in agriculture and forestry operations. Its primary function is to guide the development of a growing Canadian industry by assessing the design, safety and performance of aircraft and equipment, and predicting their performance in operation under Canadian conditions.

The Committee, which has now grown to 32 members, also advises on and promotes research and development programs. It has encouraged the adoption of a system of recognized qualifications as criteria for the training of personnel involved in agricultural and forestry aviation in

Canada. If these qualifications are adopted (for example, the Chemical Application Certificate), they will contribute to the development of internationally uniform procedures and certification, and standardize required training, knowledge and experience. To this end, detailed training programs for air and ground crew, information on aircraft utilization and statistical material are made available to interested parties. To date, the Chemical Application Certificate has been adopted by all provinces across Canada and is being used as a standard by a number of foreign countries. The Committee has prepared a Handbook on Chemical Safety in the Aerial Application of Chemical Material which contains safety standards for spraying in Canada. Copies have been requested by a number of foreign countries.

These safety standards are of paramount importance if unnecessary pollution of the ecosystem is to be avoided and accidents due to the corrosive and toxic properties of many of the chemicals minimized.

Aerial spraying continues to be the most economical way of treating vast tracts of timberland against attack by fungi, viruses and insects. Statistics indicate that every year in Canada some seven to eight million acres (2.8 to 3.2 million ha) of forest are sprayed to control insects and about one to one-and-a-half million acres (.4 to 1.6 million ha) of agricultural land is treated for insect and weed infestations. (This does not include occasional spraying to control major epidemics, such as occurred with the Bertha armyworm in the Prairies last year.)

Cessna Aircraft Company



Aerial seeding, using a Cessna Agwagon, is used to re-forest specific land areas, in this case the Cumberland Mountains of Eastern Kentucky, scarred by decades of strip mining operations.

L'aviation agricole et forestière au Canada

Horizons nouveaux

Le Comité associé de l'aviation agricole et forestière du CNRC, qui compte 32 membres, suit les développements technologiques internationaux et l'utilisation des aéronefs employés dans les travaux agricoles et forestiers; il guide aussi le développement d'une industrie canadienne croissante en évaluant les concepts, la sécurité et les performances des aéronefs et des équipements utilisés dans ce contexte.

Dans le monde d'aujourd'hui la production de produits alimentaires est d'importance vitale pour le bien-être économique de toutes les nations. Pour cette raison, l'épandage aérien de produits chimiques comme les herbicides et les produits antiparasitaires pour lutter contre les plantes et les animaux nuisibles prend de plus en plus d'importance.

Il existe aussi d'autres utilisations également importantes des machines volantes dans l'agriculture; ainsi, par exemple, on s'en sert pour ensemercer et pour épandre des engrais. De plus, les techniques de pulvérisation ont des applications se rapportant à la santé publique. Des maladies comme l'encéphalite à ultravirus des équidés de l'ouest, appelée communément maladie du sommeil et habituellement transmise des chevaux aux humains par un moustique, peuvent être détruites à l'aide d'épandages aériens.

En vue des utilisations étendues des aéronefs dans ce contexte, le Conseil national de recherches du Canada a créé, en 1965, un Comité associé de 15 membres sur l'aviation agricole et forestière. Composé de représentants émanant de l'industrie canadienne, des organismes gouvernementaux et des universités, ce comité suit maintenant les développements technologiques internationaux et l'utilisation des machines volantes employées au cours des travaux agricoles et forestiers. Sa première fonction est de guider le développement d'une industrie canadienne en pleine croissance en évaluant les concepts, la sécurité et les performances d'aéronefs et d'équipements, et en prévoyant leurs performances au cours de leur utilisation dans

des conditions particulières au Canada.

Le comité, qui comprend maintenant 32 membres, agit aussi en conseiller et il encourage la mise sur pied de programmes de recherche et de développement. Il a encouragé l'adoption d'un système de qualifications reconnues comme critères d'entraînement du personnel impliqué dans les travaux agricoles et forestiers au Canada. Si ces qualifications sont adoptées comme, par exemple, le Certificat d'application chimique, elles contribueront au développement d'une certification et de procédures uniformes internationales et elles faciliteront la standardisation de la formation, des connaissances et de l'expérience requises. A cette fin, des programmes détaillés de formation à l'usage des équipages volant et au sol, des renseignements sur l'utilisation des aéronefs et des données statistiques sont mis à la disposition de parties intéressées. Aujourd'hui, le Certificat d'application chimique a été adopté par toutes les provinces du Canada et il sert de modèle dans un certain nombre de pays étrangers. Le comité a préparé un Manuel de sécurité pour l'épandage aérien de pesticides, qui contient des normes de sécurité à observer lors d'applications aériennes de produits chimiques au Canada. Plusieurs pays étrangers en ont demandé des exemplaires.

Ces normes de sécurité sont de très grande importance si l'on veut éviter la pollution inutile des systèmes écologiques et les accidents dus à la toxicité et aux caractéristiques corrosives de beaucoup de ces produits chimiques.

Cessna Aircraft Company



L'ensemencement à l'aide d'un avion Cessna "Agwagon" peut être utilisé pour reboiser certaines régions particulières comme, par exemple, les montagnes Cumberland, dans l'est du Kentucky, très endommagées après des décennies d'exploitation minière à ciel ouvert.

Ideal aerial application of pesticides must meet definite criteria. For example, the cost must be minimal and the toxicant confined to the target area. Eventually, the pest population should be reduced to the desired level with no residual chemical effects. One of the more serious spraying problems involves drift of the chemicals. Among the factors which control the relative magnitude of this drift are wind speed and direction, height of release, air turbulence, humidity and droplet size. How far it drifts, and how rapidly its concentration in the atmosphere decreases, will also depend on losses in mass by evaporation of water or other volatile solvent within the droplets. Studies have shown, for example, that under typical Canadian prairie conditions during herbicide application, droplets initially of 100 μm in diameter can lose nearly their entire water content (as much as 99 per cent of their mass) in a few seconds. Consequently, they may drift several hundred metres before reaching the ground.

In addition to pesticide and herbicide applications, aerial spraying is now widely used to re-forest specific land areas. The Cumberland Mountains of Eastern Kentucky, scarred by decades of strip mining operations, are the site of an experiment to assess the practicality of reclaiming mined-out land by air. For example, in a day-and-a-half of flying, a pilot can dispense 6,600 lbs (2 970 kg) of seed and 20 tons (18 t) of fertilizers over 200 acres (80 ha) of mountainside. By

contrast, a similar operation requires eight days of laborious hand seeding, occasionally on slopes too steep to stand on. Such aerial seeding programs prevent soil erosion and provide cover and food for the reintroduction of wildlife.

To withstand the rigors of agricultural and forestry work, rugged and versatile aircraft are required. Since the most critical economic factor in these operations is utility, an aircraft must provide long periods of service between overhauls and be useful in a variety of other functions.

Because they were cheap and plentiful, surplus service aircraft from World War I were used during the industry's infancy. At the end of World War II, another injection of these surplus military aircraft further assisted the development of the industry. Notable among wartime aircraft converted to peacetime roles in Canada are the Canso patrol bomber and Avenger torpedo bomber, many of which are still flying today. More recently, several manufacturers have developed specialized aircraft which incorporate features of utility, ruggedness and pilot safety not possible with the older converted designs.

The primary objective of the Associate Committee on Agricultural and Forestry Aviation is to outline a basic framework of research and development programs within which this important Canadian industry can evolve in a way best suited to the needs of the Canadian people. \square

Diane Bisson

Cessna Aircraft Company



A Cessna Agwagon "B" is shown being loaded with insecticide. On the right, a view of the spray nozzles mounted along the wing trailing edge.

Cessna Aircraft Company



Remplissage du réservoir de produits antiparasitaires d'un avion Cessna "Agwagon B". A droite, vue des tuyères de pulvérisation montées au bord de fuite des ailes.

L'épandage aérien continue d'être le moyen le plus économique de traiter de vastes étendues de forêts contre les attaques par des champignons, des virus et des insectes. Les statistiques indiquent que, chaque année au Canada, de sept à huit millions d'acres (2,8 à 3,2 millions d'ha) de forêts sont traités pour y détruire des insectes et de un à un million et demi d'acres (0,4 à 1,6 millions d'ha) de terre cultivée sont traités de la même manière pour lutter contre les insectes et les mauvaises herbes. (Ces travaux ne comprennent pas les épandages contre les épidémies majeures comme celle de la chenille de la leucanie dite "Bertha armyworm" dans les Prairies l'année dernière.)

L'épandage aérien idéal de produits antiparasitaires doit satisfaire des critères définis. Ainsi, par exemple, le coût doit être minimum et les produits chimiques doivent être confinés à la région visée. Éventuellement, les parasites devraient être réduits en nombre au niveau souhaité sans qu'il n'en résulte des effets chimiques résiduels. L'un des problèmes les plus sérieux de l'épandage se rapporte à la dérive des produits chimiques. Parmi les facteurs qui influent sur l'importance relative de cette dérive sont la vitesse et la direction du vent, l'altitude de largage du produit épandu, la turbulence de l'air, l'humidité et la dimension des gouttelettes. La distance couverte en raison de la dérive et la vitesse de diminution de la concentration dans l'atmosphère dépendent aussi des pertes massiques causées par l'évaporation de l'eau ou des autres solvants volatils se trouvant dans les gouttelettes. Des études ont montré, par exemple, que dans les conditions types des Prairies canadiennes durant les épandages d'herbicides, les gouttelettes de 100 μm de diamètre à l'origine peuvent perdre presque tout leur contenu en eau (jusqu'à 99% de leur masse) en quelques secondes. En conséquence, la dérive peut atteindre plusieurs centaines de mètres avant que ces particules n'atteignent le sol.

En plus des épandages de produits antiparasitaires et d'herbicides, l'ensemencement aérien est maintenant très utilisé pour reboiser certaines régions. Les montagnes Cumberland, dans l'est du Kentucky, très endommagées par des décennies d'exploitation minière à ciel ouvert, sont

le site d'une expérience pour déterminer s'il est possible de récupérer des terres au moyen d'ensemencements aériens. Ainsi, par exemple, en un jour et demi de vol, un pilote peut épandre 6 600 livres (2 970 kg) de grains et 20 tonnes (18 t) d'engrais sur 200 acres (80 ha) de pentes montagneuses. La même opération faite à la main exigerait huit journées de travail laborieux et il serait parfois très difficile de planter sur des pentes tellement raides que l'on ne peut s'y tenir debout. De tels programmes d'ensemencement aérien protègent le sol contre l'érosion et permettent aux animaux sauvages de revenir car ils trouvent sous ces couverts protection et nourriture.

Pour ces travaux agricoles et forestiers il faut disposer d'aéronefs robustes et très souples d'emploi. Puisque le facteur économique le plus critique dans ces travaux est l'utilité, un appareil doit pouvoir servir longtemps sans entretien ni révision et aussi être utilisable pour d'autres fonctions.

Au début de l'aviation agricole on se servait de vieux avions construits durant la Première Guerre mondiale car il y en avait beaucoup et ils ne coûtaient pas cher. A la fin de la Deuxième Guerre mondiale, l'industrie a bénéficié de l'arrivée sur le marché des surplus de cette guerre, ce qui a encore facilité son développement. Parmi ces machines volantes du temps de guerre converties pour un rôle pacifique au Canada on peut citer le bombardier patrouilleur "Canso" et le bombardier torpilleur "Avenger" dont beaucoup volent encore aujourd'hui. Plus récemment, plusieurs constructeurs ont mis au point des avions spécialisés qui répondent mieux aux conditions d'utilisation et qui sont plus robustes et plus sûrs, du point de vue pilotage, que les anciennes machines converties.

L'objectif primaire du Comité associé de l'aviation agricole et forestière est d'esquisser un cadre de base de programmes de recherches et de développement sans lesquels cette industrie canadienne importante ne pourrait se développer de la manière la meilleure pour répondre aux besoins du peuple canadien. □

Texte français: **Louis-Georges Desternes**

Canadair Limited

Canadair Limitée



Aerial spraying of trees in Canada's wilderness areas is becoming increasingly important as the demand for timber rises. The timber industry depends upon this preventive measure for the protection of a vital Canadian resource; moreover, it is the only economical way of treating vast tracts of timberlands against attack by fungi, viruses and insects.

A mesure que la demande de bois en grume augmente, l'épandage aérien devient de plus en plus important pour protéger les régions difficilement accessibles de la forêt canadienne, une ressource vitale de l'industrie forestière. L'épandage aérien est le seul moyen économique de traiter de vastes espaces contre les champignons, les virus et les insectes.

Two photon spectroscopy — Stepladder to the laser

A combination of laser and microwave radiation produces a spectroscope of great power and flexibility for the study of molecules.

Spectroscopy has been called the “fingerprinting of matter”. Dr. Takeshi Oka of the National Research Council’s Herzberg Institute of Astrophysics has recently perfected a technique which greatly increases the accuracy and sensitivity of this important probe of nature. By combining radiation from laser and microwave sources in a Two Photon Spectroscope he has made possible the accurate investigation of the vibrations and rotations of small molecules.

The pattern of lines, which constitutes a spectrum, is characteristic of the particular molecule involved and may therefore be used in its identification. Knowledge of its spectrum permits the presence of a molecule to be detected in laboratory specimens or, by examination of the radiation reaching the earth, in planetary atmospheres, comets or interstellar space. Since the spectral lines are sensitive to a molecule’s environment, it becomes possible, by examining the appearance and shift in position of these lines, to deduce the physical properties of the environment and the chemical reactions in which the molecule is involved.

A molecule which has absorbed energy is said to be in an excited state, or to have undergone a transition to a higher energy level. This excited state may involve, for example, vibrations or rotations of the molecule and even some internal rearrangement of its constituent atoms. Since each of these processes is associated with a definite quantity of energy, an accurate knowledge of molecular energy levels gives scientists valuable information concerning the structure and behavior of molecules.

Spectroscopy provides measurements of the energy, in the form of electromagnetic radiation, necessary for molecular excitations and furnishes information on the particular energy levels involved by recording the frequencies at which this radiation is absorbed. However, the radiation source employed in conventional spectroscopic instruments possesses a stability and intensity which does not meet the rigorous needs of today’s scientists. With the advent of the laser, spectroscopy was supplied with a radiation source of exceptional power and stability making it possible to per-

form experiments with hitherto unexpected accuracy. Despite these advantages, the laser exhibits a drawback to spectroscopists in that its radiation is emitted at a single frequency. For a given molecule, it becomes a matter of chance whether this frequency coincides with any of the molecular transitions. As Dr. Oka expresses it, “the infrared laser is a beautiful radiation source, intense, monochromatic and stable, but its frequency is just not tuneable.”

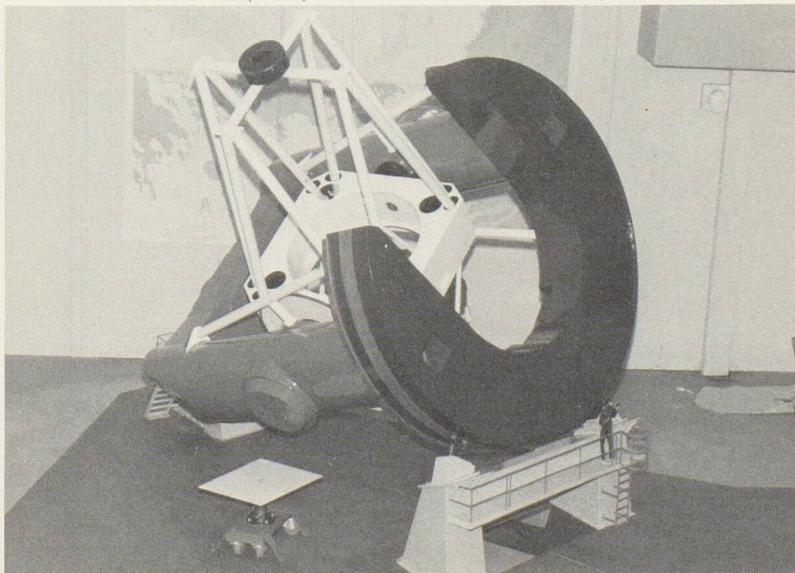
In the visible radiation region, the development of tunable dye lasers has made laser radiation available over a range of frequencies. Dr. Oka, however, who studies the vibrations of molecules, requires variable radiation in the infrared region for which no tuneable machine is available. “Laser experts are working on this problem but we just could not afford to wait,” he recalls. The problem, as seen by Dr. Oka, was to exploit the advantages of the laser and at the same time overcome the inflexibility of its single frequency. But how could he adapt this single frequency to cover a range of molecular energies? “It’s rather like trying to reach something on a shelf but you can’t quite make it. Then someone hands you a ladder and your reach is more flexible,” he says.

In addition to accommodating conventional observational astronomy using visible light, the new Canada-France-Hawaii telescope (model shown here) is capable of observations in the infrared region of the spectrum. Astronomical observations of the infrared spectrum of ammonia in interstellar dust clouds may be correlated with Dr. Oka’s terrestrially-based measurements to provide valuable information about the nature of our universe.

Tout en permettant de faire des observations traditionnelles dans le visible, le nouveau télescope Canada-France-Hawaii (dont on peut voir un modèle ici) se prête aux observations dans l’infrarouge. L’ammoniac se trouvant dans les nuages de poussières interstellaires peut être observé dans l’infrarouge et les résultats obtenus peuvent être comparés aux mesures faites en laboratoire par le Dr Oka pour obtenir des renseignements intéressants sur la nature de l’univers.

Canada-France-Hawaii Telescope Corporation

Société du télescope Canada-France-Hawaii



La spectroscopie à deux photons

Escabeau vers le laser

Une combinaison des radiations du laser et de celles d'une source de micro-ondes donne un spectroscopie de grande puissance et de grande souplesse d'utilisation pour étudier les molécules.



Herzberg Institute of Astrophysics

Institut Herzberg d'astrophysique

Grâce à la spectroscopie, il est possible de "prendre les empreintes digitales de la matière". Le Dr Takeshi Oka, de l'Institut Herzberg d'astrophysique du Conseil national de recherches a récemment perfectionné une technique qui augmente considérablement la précision et la sensibilité de cette importante méthode de sondage de la nature. En combinant des radiations émanant d'un laser et d'une source de micro-ondes dans un spectroscopie à deux photons, il a pu rendre possible l'étude précise des vibrations et des rotations de petites molécules.

La configuration des raies qui constitue un spectre est caractéristique de la molécule particulière étudiée et peut par conséquent être utilisée pour l'identifier. De connaître son spectre permet de détecter une molécule dans un échantillon de laboratoire ou, en examinant les radiations qui atteignent la Terre, dans les atmosphères planétaires, les comètes ou l'espace interstellaire. Puisque les raies spectrales sont sensibles à l'environnement moléculaire, il devient possible en examinant l'apparence et le décalage de ces raies, de déduire les propriétés physiques de l'environnement et les réactions chimiques auxquelles la molécule participe.

Une molécule qui a absorbé de l'énergie est dite dans un état excité; on dit aussi qu'elle a subi une transition vers un niveau d'énergie plus élevé. Cet état excité peut impliquer, par exemple, les vibrations et les rotations de la molécule et même certains réarrangements internes des atomes qui la constituent. Puisque chacun de ces processus est associé à une quantité définie d'énergie, de savoir avec précision quels sont les niveaux d'énergie moléculaire permet aux savants d'obtenir des renseignements précieux sur la structure et le comportement des molécules.

La spectroscopie permet de mesurer l'énergie sous la forme d'un rayonnement électromagnétique nécessaire pour exciter les molécules et fournir des informations sur les niveaux particuliers d'énergie impliqués grâce à l'enregistrement des fréquences auxquelles ces radiations sont

absorbées. Cependant, la source des radiations employée dans les instruments traditionnels de spectroscopie possède une stabilité et une intensité qui ne satisfont pas les besoins rigoureux des scientifiques d'aujourd'hui. Avec l'avènement du laser, la spectroscopie a pu utiliser une source de radiation d'une puissance et d'une stabilité exceptionnelles, ce qui permet de faire des expériences d'une précision à laquelle on ne s'attendait pas jusqu'à maintenant. Malgré ces avantages, le laser présente un inconvénient pour les spécialistes de la spectroscopie en ce sens que son rayonnement est mis sur une seule fréquence. Pour une molécule donnée, c'est par hasard que cette fréquence coïncide avec celle des transitions moléculaires. Comme le Dr Oka nous l'a dit: "Le laser infrarouge est une source merveilleuse de radiations intenses, monochromatiques et stables mais leur fréquence n'est tout simplement pas réglable."

Dans le domaine du visible, le développement des lasers réglables à colorants a permis d'obtenir des radiations dans une grande gamme de fréquences. Le Dr Oka toutefois, pour étudier les vibrations moléculaires, a besoin de disposer de radiations variables dans l'infrarouge et il ne dispose d'aucune machine réglable. Il nous a dit: "Les experts en laser travaillent sur ce problème mais nous ne pouvons tout simplement pas attendre leurs résultats." Le problème, comme il le voit, consistait à exploiter les avantages du laser sans être gêné par son manque de souplesse d'utilisation en raison de sa fréquence unique. Mais comment pouvait-il adapter cette fréquence unique à la couverture d'une gamme d'énergies moléculaires? Écoutons-le: "Je me trouvais un peu dans la position de celui qui essaie d'attraper quelque chose sur un rayon élevé mais qui n'est pas tout à fait assez grand pour l'atteindre. Il faut donc monter sur un escabeau." L'escabeau que le Dr Oka a trouvé se présente sous la forme de radiations émanant d'une source de micro-ondes. Ces radiations ont une fréquence plus faible que celle du laser infrarouge et peuvent être produites facilement sous une forme réglable à l'aide d'appareils traditionnels.

stepladder to the laser

The ladder which Dr. Oka produced was in the form of radiation from a microwave source. This radiation is of lower frequency than the infrared laser radiation and may readily be produced in a tuneable form using conventional apparatus. By adding, or subtracting, microwave radiation to the single laser frequency, Dr. Oka is able to produce a radiation source which possesses all the advantages of laser radiation combined with the versatility of a variable frequency source. In a typical experiment, the two forms of radiation enter an absorption cell containing a sample of the molecules in gaseous state. The microwave apparatus is then tuned until the resultant radiation exactly matches that necessary to cause a molecular transition.

Since all radiation is present in the form of discrete energy units called photons, the technique is known as Two Photon Spectroscopy. For excitation to take place, the molecule must absorb one photon from the laser radiation and one from the microwave radiation. Using this technique, Dr. Oka is able to extend the study of infrared spectra not only by the increased precision of his measurements but in the detection of hitherto unobservable transitions. Indeed the instrument, which was built by Dr. Oka and Postdoctorate Fellow, Dr. S.M. Freund, immediately reached a limit of resolution which appeared to have been set by nature herself, the actual width of the spectral lines.

Transitions which appear as sharp lines in conventional spectroscopy are seen to have a finite width under the keener scan of Dr. Oka's instrument. Since the Double Photon Spectroscope is capable of readings which are several orders of magnitude finer than the width of these spectral "lines", it becomes important to overcome this problem of uncertainty in the frequency of transitions. The problem of line widths of the spectrum and its major cause is known as Doppler broadening. The solution, involving what is known as the Lamb dip method, required Dr. Oka to further modify his apparatus.

Early in the last century, the physicist Christian Johann Doppler pointed out that the frequency of the radiation which a moving body experiences depends upon that body's velocity relative to the source of radiation. A familiar example of this Doppler shift in frequency is the change in perceived pitch of a train whistle as the engine approaches and then recedes. A similar effect is present in spectroscopic experiments since the molecules of gas under study

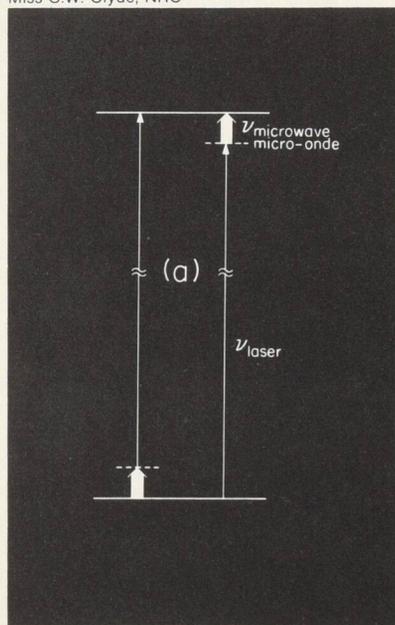
are in constant chaotic motion, each of them experiencing a slightly different frequency of radiation. The resultant effect is the production of an absorption spectrum in which absorption occurs over a band of frequencies rather than in a sharp line. The modification, which enables Dr. Oka to overcome this smearing of frequency, is to cause radiation to hit the molecules from two opposite directions. In such an arrangement, the moving molecule experiences an increase in frequency in the radiation coming from one direction and a decrease in frequency in the radiation arriving from the opposite direction. The net effect is a cancellation of signal except in those cases for which the molecule is experiencing no Doppler shift. This Lamb dip technique further increases the accuracy of Dr. Oka's measurements and, he says, "the combination of Two Photon Spectroscopy with the Lamb dip has improved the accuracy of infrared spectroscopy over a hundred times and, if we try harder, then much, much more."

Using these techniques, Dr. Oka has made an extensive study of the infrared spectrum of ammonia (NH_3), methyl fluoride (CH_3F) and phosphine (PH_3), giving accurate information of their vibrational behavior. In addition to this refinement of data, he has been able to make observations of previously unobserved transitions. There are transitions which are not observed in normal single photon spectroscopy because they are forbidden by the constraints of molecular symmetry. Absorption of two photons during an excitation process, however, enables this prohibition to be overcome, providing new information on molecular excitations.

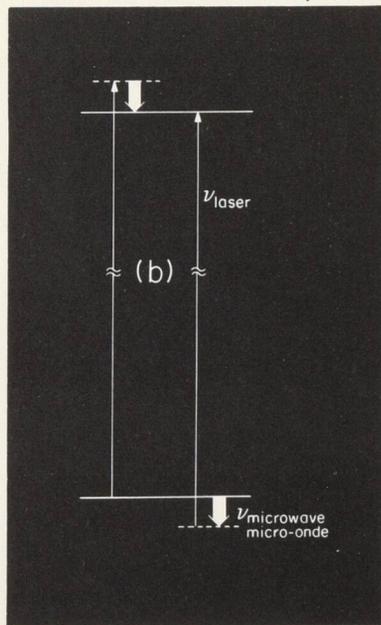
A double photon transition between two vibrational energy levels of a molecule. In the first case (a) the photon from the laser, ν_{laser} , is insufficient to cause a transition and requires the aid of a photon from the microwave radiation, $\nu_{\text{microwave}}$. In the second case (b) the laser frequency is too large and the microwave radiation acts in a subtractive manner to induce the transition.

Une transition à double photon entre deux niveaux énergétiques vibrationnels d'une molécule. Dans le premier cas (a) le photon émanant du laser, ν_{laser} , est insuffisant pour déclencher la transition et il est nécessaire d'ajouter un photon émanant du rayonnement en micro-ondes, $\nu_{\text{micro-onde}}$. Dans le deuxième cas (b) la fréquence du laser est trop grande et le rayonnement en micro-ondes permet de soustraire de façon à déclencher la transition.

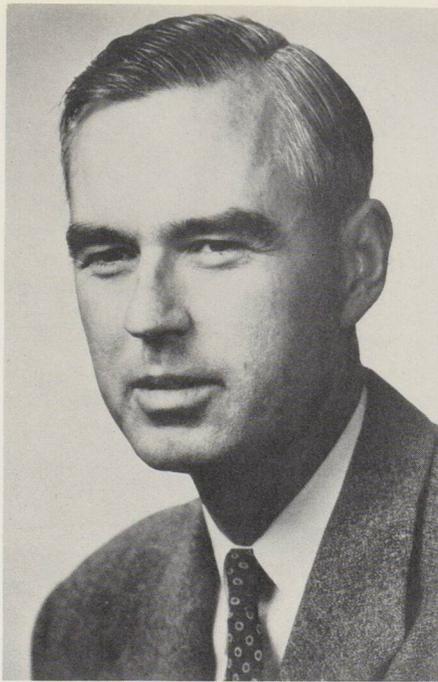
Miss C.W. Clyde, NRC



Mlle C.W. Clyde, CNRC



The experimental physicist Willis E. Lamb Jr. was born in Los Angeles in 1913. His extremely accurate measurements on a small shift in the spectrum of hydrogen, the "Lamb shift", earned him the Nobel Prize for physics in 1955, and stimulated theoretical research on the reaction of matter and radiation.



AIP Neils Bohr Library

Le physicien expérimental Willis E. Lamb Jr est né à Los Angeles, en 1913. Ses mesures extrêmement précises d'un petit décalage, dans le spectre de l'hydrogène, appelé "le décalage de Lamb" lui ont valu le Prix Nobel de physique en 1955 et ont stimulé la recherche théorique sur les réactions de la matière soumise à des radiations.

En ajoutant, ou en retranchant, des radiations micro-ondes sur la fréquence unique du laser, le Dr Oka a pu obtenir une source de radiations possédant à la fois des avantages de celles du laser et qui a en même temps la souplesse d'une source à fréquences variables. Au cours d'une expérience type, les deux radiations entrent dans une cellule d'absorption contenant un échantillon de la molécule à l'état gazeux. L'appareil à micro-ondes est alors réglé jusqu'au moment où les radiations résultantes sont exactement celles dont il faut disposer pour déclencher une transition moléculaire.

Puisque toutes les radiations sont présentes sous la forme d'unités discrètes d'énergie appelées photons, la technique est connue sous le nom de spectroscopie à deux photons. Pour que l'excitation ait lieu, la molécule doit absorber un photon du laser et un photon de la source de micro-ondes. A l'aide de cette technique, le Dr Oka peut étendre l'étude des spectres infrarouges non seulement en raison de la précision plus grande de ses mesures mais aussi grâce à une détection des transitions qui n'avaient pu être observées jusqu'à maintenant. En fait, l'instrument qui a été construit par le Dr Oka et le Dr S.M. Freund, boursier postdoctorat, a atteint immédiatement une limite qui semble avoir été fixée par la nature elle-même, c'est-à-dire la largeur de la raie spectrale.

Les transitions qui apparaissent comme des raies bien nettes en spectroscopie traditionnelle apparaissent maintenant comme ayant une largeur finie grâce au spectroscope du Dr. Oka. Puisque le spectroscope à deux photons permet de faire des lectures qui sont plus précises de plusieurs ordres de grandeur que la largeur de ces "raies" spectrales, il devient important de triompher du problème de l'incertitude de la fréquence des transitions. Le problème des largeurs des raies est posé aux spectroscopistes travaillant dans d'autres régions du spectre et sa cause majeure est connue sous le nom d'élargissement de Doppler. La solution, qui implique ce qui est connu sous le nom de méthode de la pointe inversée de Lamb, a obligé le Dr Oka à modifier encore son appareil.

Au début du dernier siècle, le physicien Christian Johann Doppler a fait remarquer que la fréquence des radiations recues par un corps en mouvement dépend de la vitesse de

ce corps par rapport à la source. Comme exemple de ce décalage de la fréquence, appelé aussi "effet Doppler", on cite le cas de l'observateur qui entend un train arriver, passer et s'éloigner en sifflant. Cet observateur a l'impression que le sifflement change de fréquence avec le temps alors que, en réalité, la fréquence ne change pas. Un effet semblable existe en spectroscopie puisque les molécules de gaz étudiées sont en mouvement chaotique constant et que chacune d'elles change légèrement de fréquence. L'effet qui en résulte est la production d'un spectre d'absorption pour lequel l'absorption se produit sur une bande de fréquences plutôt que sur une raie sans épaisseur. La modification, qui permet au Dr Oka de triompher du problème créé par le manque de netteté de la fréquence, permet aux radiations de frapper les molécules de deux côtés opposés à la fois. Grâce à un tel montage, les molécules en mouvement subissent une augmentation de la fréquence des radiations venant d'une direction et une diminution de la fréquence des radiations venant de la direction opposée. L'effet net est d'annuler le signal sauf dans les cas où la molécule ne subit pas de décalage Doppler. Cette technique de la pointe inversée de Lamb augmente la précision des mesures du Dr Oka et, nous a-t-il dit, "la combinaison de la spectroscopie à deux photons avec la technique de Lamb a permis d'améliorer la précision de la spectroscopie en infrarouge de plus de cent fois et, si nous essayons encore de perfectionner l'appareil, nous obtiendrons une amélioration encore beaucoup plus grande".

A l'aide de ces techniques, le Dr Oka s'est livré à une étude étendue du spectre infrarouge de l'ammoniaque (NH_3), du fluorure de méthyle (CH_3F) et de la phosphine (PH_3), qui donne des renseignements précis sur leur comportement vibrationnel. En plus d'avoir obtenu des données plus précises, il a pu faire des observations de transitions jusqu'ici non observées. Il y a des transitions qui ne sont pas observées si l'on utilise la spectroscopie ordinaire à photon unique car elles sont interdites du fait des contraintes de la symétrie moléculaire. L'absorption de deux photons au cours d'un processus d'excitation, toutefois, permet de rendre la chose possible tout en donnant des informations nouvelles sur les excitations moléculaires.

stepladder to the laser

These observations will ultimately prove of significance to astronomers. With the completion of the Canada-France-Hawaii telescope in 1978, it will be possible to perform superior astronomical observations, not only in the region of visible light but also at infrared frequencies. Of particular importance in these studies is the spectrum of ammonia, a molecule which is present in interstellar space. Measurement of the shift in its spectral lines from the accurate standards established in Dr. Oka's laboratory will furnish important information about the properties of interstellar dust clouds and the nature of our universe.

While his apparatus is designed to detect two photon transitions, Dr. Oka soon realized that he was obtaining additional effects which had only been speculated upon by theoreticians. He deduced that certain transitions are taking place in which several photons are absorbed at the same time. The observation of these multiphoton processes has sparked increased activity amongst theoreticians. The velocity-tuned multiphoton processes, so named by Dr. Oka, were one of the central subjects discussed in Les Houches Summer School of Theoretical Physics in France last year.

In the case of an average experimentalist, the story would end with the perfection of an important tool for the investi-

gation of matter. However, Dr. Oka wished to take a further step and increase the sensitivity of his apparatus by causing it to respond to transitions so faint that they could never be observed by conventional means. The original motive for using an infrared laser had been the investigation of vibrational excitations in small molecules. These transitions, in turn, possess a "fine structure" meaning that a single line may be resolved into a set of closely-spaced lines. These additional lines represent further excitations of the molecule associated with lower energies, for example, molecular rotations and inversions. These transitions lie within the energy range of the microwave photons and it therefore becomes possible to tune microwave radiation exactly to one of these rotational transitions. The technique, known as double resonance spectroscopy, differs in procedure from Two Photon Spectroscopy, although in both cases two photons are absorbed during the transition. In Two Photon Spectroscopy, the microwave apparatus acts as a stepladder to the laser and is tuned so that the resultant of the laser and microwave radiation exactly matches a transition. In the double resonance technique, the microwave radiation is tuned to one of the intermediate rotational levels and the function of the laser radiation is to complete the transition to a new vibrational level, its advantage lying in the power available to excite the gas molecules.

By using the laser as a power source, the double resonance technique is able to probe exceedingly faint details of the microwave region. For example, Dr. Oka has recently observed fine structures in the vibrational spectrum of tetrahedral molecules such as methane, silane and germane, which indicate that rotational excitations are taking place, transitions which had previously been thought to be impossible. By placing a sample of methane gas within the cavity of various lasers and employing the double resonance technique, Dr. Oka is able to increase the sensitivity of his instrument by over a million times. In Dr. Oka's hands, the combination of powerful stable laser radiation together with the versatility of microwave sources provides an important new tool in the exploration of matter. □

David Peat

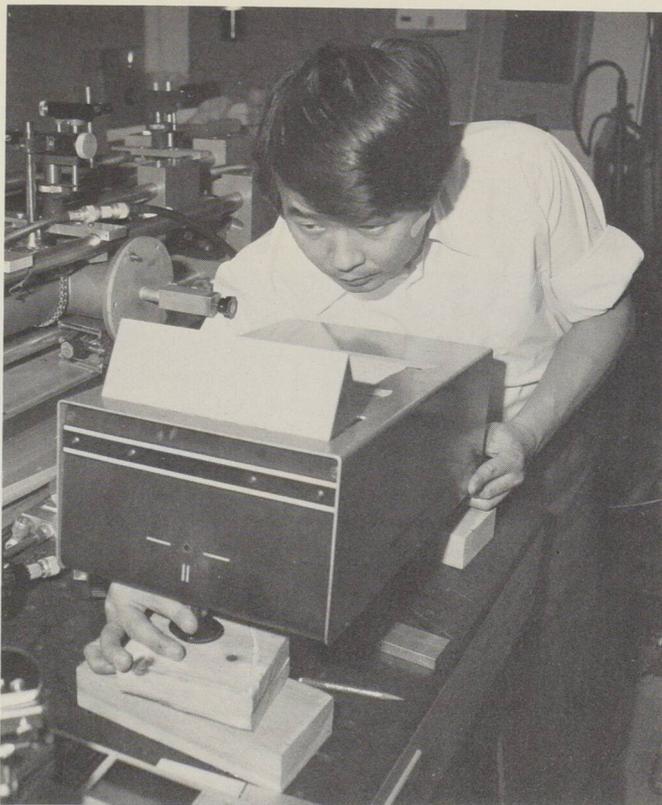
J.C. Doppler, mathematician and physicist, was born in Salzburg in 1803 and held the Chair of Experimental Physics at Vienna. His best known contribution to physics was the prediction of a frequency shift in radiation emitted from a moving source. The "Doppler shift" was later confirmed for both sound radiation and light and, in the latter case, is employed in the discovery of double stars.

J.C. Doppler, mathématicien et physicien, est né à Salzburg, en 1803, et a été professeur de physique expérimentale à Vienne. Sa contribution la plus connue en physique a été de prévoir le décalage de fréquence dans les radiations émises par une source mobile. Le "décalage Doppler" ou "effet Doppler", plus tard confirmé à la fois dans le domaine des radiations sonores et dans celui de la lumière est employé, dans ce dernier cas, pour découvrir les étoiles doubles.

AIP Neils Bohr Library



Dr. T. Oka of the Herzberg Institute of Astrophysics combines laser and microwave radiation to study the structure of matter.



Le Dr T. Oka, de l'Institut Herzberg d'astrophysique, combine les radiations micro-ondes et celles d'un laser pour étudier la structure de la matière.

Ces observations seront par la suite importantes pour les astronomes. Lorsque le télescope Canada-France-Hawaii sera terminé en 1978, il sera possible de faire de meilleures observations astronomiques non seulement dans le visible mais aussi en infrarouge. Le spectre de l'ammoniac est particulièrement important pour ces études car cette molécule existe dans l'espace interstellaire. Des mesures du décalage de ses raies spectrales, en partant de valeurs étalonnées avec précision dans le laboratoire du Dr Oka, donneront des renseignements importants sur les propriétés des nuages de poussières interstellaires et sur la nature de notre univers.

Quoique le Dr Oka ait conçu son appareil pour détecter des transitions déclenchées par deux photons, il a bientôt réalisé qu'il obtenait des effets additionnels que seuls les théoriciens avaient prévus. Il en a déduit que certaines transitions ont lieu et que, au cours de ces transitions, plusieurs photons sont absorbés. L'observation de ces processus multiphotons a déclenché un renouveau d'activité chez les théoriciens. Les processus multiphotons réglés sur la vitesse, selon l'expression du Dr Oka, ont été l'un des sujets principaux discutés à l'École d'été de physique théorique qui s'est tenue aux Houches, en France, l'année dernière.

Dans le cas d'un expérimentateur moyen, l'histoire se terminerai avec le perfectionnement d'un outil important pour étudier la matière. Cependant, le Dr Oka a l'intention de perfectionner son appareil pour en augmenter encore la sensibilité; il faudrait donc que l'appareil réponde à des transitions si faibles qu'elles ne peuvent être observées par des moyens traditionnels. La raison à l'origine de l'utilisation des lasers travaillant en infrarouge a été l'étude des excitations vibrationnelles des petites molécules. Ces transitions, à leur tour, possèdent une "structure fine", ce qui signifie que la raie du spectre peut être résolue en un groupe de raies très peu espacées les unes des autres. Ces raies supplémentaires représentent d'autres excitations de la molécule associées à des énergies plus faibles comme, par ex-

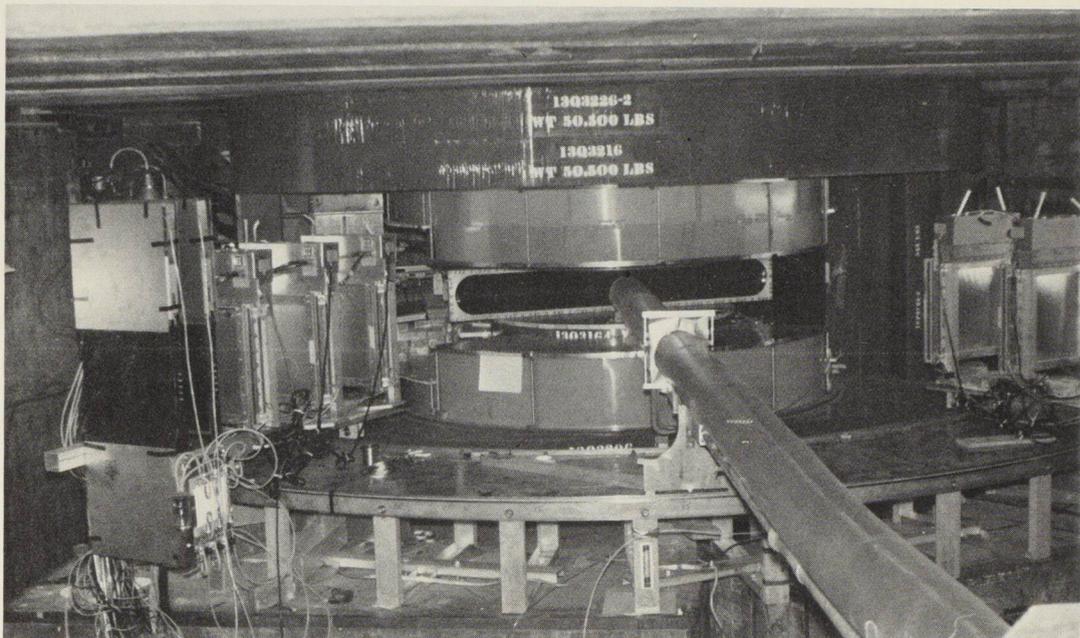
emple, les rotations moléculaires et les inversions. Ces transitions se trouvent dans la gamme énergétique des photons de micro-ondes et il devient alors possible de régler les radiations micro-ondes exactement sur une de ces transitions rotationnelles. La technique, connue sous le nom de spectroscopie à résonance double, diffère dans la manière de l'utiliser de la spectroscopie à deux photons, quoique dans les deux cas deux photons sont absorbés durant la transition. Dans la spectroscopie à deux photons, l'appareil à micro-ondes est, en quelque sorte, l'escabeau qui permet au chercheur d'accéder au laser et d'obtenir un réglage pour que les radiations résultantes du laser et celles de l'appareil à micro-ondes soient exactement en accord avec une transition. Dans la technique à résonance double, les radiations micro-ondes sont réglées sur l'un des niveaux rotationnels intermédiaires et la fonction des radiations laser est de compléter la transition jusqu'à un niveau vibrationnel nouveau, ses avantages se trouvant dans la puissance disponible pour exciter les molécules de gaz.

En utilisant le laser comme source énergétique, la technique de résonance double permet de sonder des détails extrêmement faibles dans la région des micro-ondes. Ainsi, par exemple, le Dr Oka a récemment observé des structures fines dans le spectre vibrationnel de molécules tétraédriques, comme celles du méthane, du silane et du germane, ce qui indique que des excitations rotationnelles ont lieu alors que ces transitions avaient été jusqu'à maintenant considérées comme impossibles. En plaçant un échantillon de méthane gazeux dans la cavité de différents lasers et en employant la technique de double résonance, le Dr Oka peut augmenter la sensibilité de son instrument de plus de un million de fois. Dans les mains du Dr Oka, la combinaison des radiations stables et puissantes du laser avec la souplesse d'emploi des sources de micro-ondes fournit un outil important et nouveau pour explorer la matière. □

Texte français: Louis-Georges Desternes

High energy physics - Exploring the quantum jungle

Productive research in particle physics is predicated on the availability of progressively more powerful accelerators. Although the cost of such installations is prohibitive and the economic consideration alone would probably preclude participation by Canada in high energy physics research, a combination of scientific expertise and technological ingenuity has made possible the prosecution of an active research program in this area.



Division of Physics, NRC

Division de physique, CNRC

The high energy physicist follows William Blake's suggestion — to see the world in a grain of sand — to its logical conclusion, examining the properties of matter in the most fundamental form, the infinitesimally small particles which constitute atomic nuclei and the many others into which they become transformed. It seems at first sight paradoxical that the studies of such particles involve the use of such massive installations as the Fermi National Accelerator Laboratory's Batavia accelerator in Illinois or the two-mile long Stanford Linear Accelerator in California. These machines, truly enormous in size, energy and cost, have come a long way from the first cyclotron of E.O. Lawrence (pioneer physicist in nuclear research), a modest table-top model, built more than 30 years ago.

What is the resolution of this paradox? Why such mighty sledgehammers to crack such tiny nuts? Mr. E.P. Hincks of the National Research Council of Canada's Division of Physics explains: "There are several reasons for the continuing growth in accelerator energy (and hence, size). The one most frequently cited is that if you want to probe the size and structure of a particle, the effective wavelength of the energy you use to look at the particle has to be small compared to the size of the particle — if the wavelength is too large then you do not get any resolution — the wave will not 'see' the particle. Now, small wavelengths mean high energies and as people have progressed from the study of molecules through atoms to the study of the nuclei of atoms, and then to the study of the particles that constitute these nuclei, with the particles getting smaller and smaller, so the requirement has been for progressively higher energies." Accelerator energies are measured in electron volts (eV), an electron volt being the energy imparted to an electron by a potential difference of one volt. For the high energy

A cyclotron magnet used at the Berkeley experiments as an analyzing magnet. Particles passing between the poles are deflected by the magnetic field through different angles according to their mass. Detectors (seen to the left and right) can be placed at the appropriate angles to the beam line to intercept the desired particles.

Un aimant cyclotron utilisé, au cours des expériences faites à Berkeley, comme aimant analyseur. Les particules qui passent entre les pôles sont défléchies par le champ magnétique suivant des angles en fonction de leur masse. Les détecteurs (à gauche et à droite) peuvent être placés selon des angles appropriés par rapport à l'axe du faisceau pour intercepter les particules choisies.

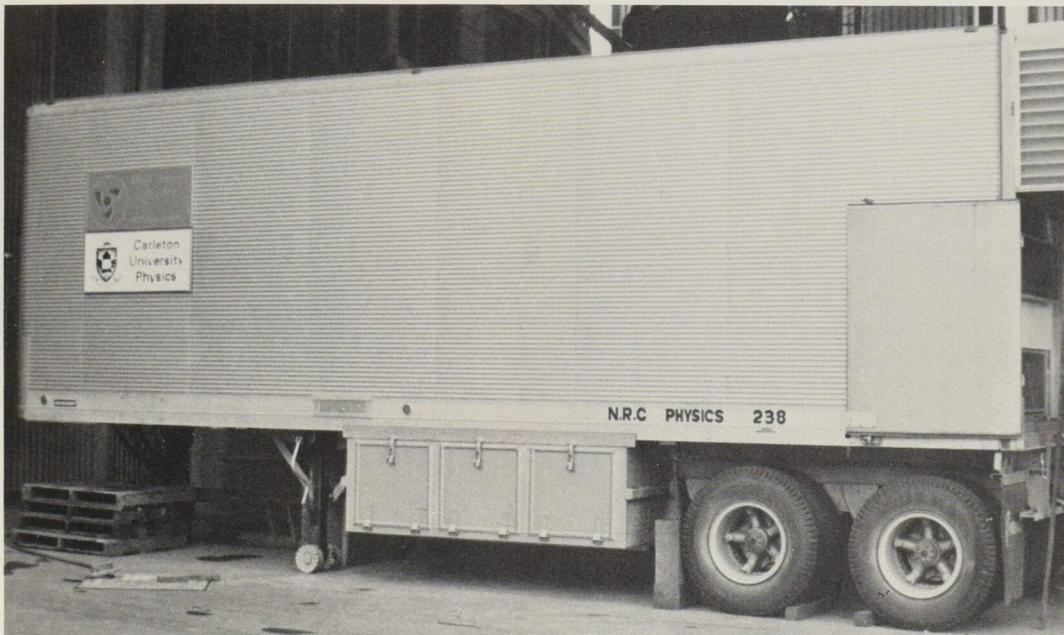
physicist, accelerator energies in excess of several thousand million electron volts are required. Canada's most powerful machine is the 500-million electron volt (500 MeV) TRIUMF (TRI University Meson Facility) located in British Columbia and, as Mr. Hincks points out, is regarded by physicists as "a low-to-intermediate energy machine, not really powerful enough for high energy work." (By way of comparison, the accelerator at the Fermi Laboratory has a diameter of 1.2 miles [2 km] and can produce beam energies of the order of 400 GeV — that is four hundred thousand million electron volts).

The cost of such an installation is prohibitive and the economic consideration alone would probably preclude participation by Canada in high energy physics research. That this is not the case is demonstrated by a group of researchers from NRC and Carleton University together with mobile laboratories used by the research team in their visits to the large accelerator facilities in the United States.

La physique des hautes énergies

L'exploration de la jungle des quanta

La recherche en physique des particules est basée sur le fait que l'on peut disposer d'accélérateurs de plus en plus puissants. Quoique le coût de telles installations soit prohibitif et que seules des considérations économiques empêcheraient probablement le Canada de participer à la recherche en physique des énergies élevées, une combinaison d'expertise scientifique et d'ingéniosité technologique a rendu possible un programme de recherche active dans ce domaine.



Division of Physics, NRC

Division de physique, CNRC

Le physicien, spécialiste des énergies élevées, suit la suggestion de William Blake, c'est-à-dire qu'il cherche à voir le monde dans un grain de sable, jusqu'à sa conclusion logique, en examinant les propriétés de la matière dans sa forme la plus fondamentale: les particules infinitésimales qui constituent les noyaux atomiques et les nombreuses autres particules résultant de transformations. Il semble paradoxal à première vue que les études de telles particules impliquent l'utilisation d'installations aussi massives que l'accélérateur "Batavia" du Fermi National Accelerator Laboratory, dans l'Illinois, ou le grand accélérateur linéaire de deux miles de long de Stanford, en Californie. Ces machines, réellement énormes et d'un prix aussi élevé que les énergies qui leur sont attachées, sont bien loin du premier cyclotron de E.O. Lawrence (physicien pionnier de la recherche nucléaire), qui était un modèle modeste posé sur une table et qui a été construit il y a plus de 30 ans.

Quelle est la raison de ce paradoxe? Pourquoi est-il nécessaire de disposer de telles masses pour écraser de si petites noisettes? M. E.P. Hincks, de la Division de physique du Conseil national de recherches du Canada, nous a expliqué: "Il y a plusieurs raisons qui expliquent que l'énergie des accélérateurs et, de ce fait, leurs dimensions, continuent de grandir. Celle que l'on cite le plus fréquemment est que, si l'on veut déterminer la dimension et la structure d'une particule, la longueur d'onde effective de l'énergie dont on a besoin pour "voir" la particule doit être petite par rapport à la dimension de la particule. Si la longueur d'onde est trop grande vous n'obtenez aucune résolution; l'onde ne "verra" pas la particule. D'un autre côté, de petites longueurs d'onde signifient des énergies élevées et, à mesure que l'homme progresse, en passant de l'étude des molécules par celle des atomes à l'étude des noyaux atomiques et ensuite à l'étude

The NRC-Carleton mobile laboratory at Berkeley.

Le laboratoire mobile CNRC-Carleton à Berkeley.

des particules qui constituent ces noyaux, alors que les particules deviennent de plus en plus petites, les conditions de travail sont telles que les énergies doivent être de plus en plus élevées." L'énergie des accélérateurs se mesure en électrons-volts (eV) et un électron-volt est l'énergie qui est communiquée à un électron par une différence de potentiel de un volt. Dans le cas des physiciens des énergies élevées, l'énergie des accélérateurs dépasse plusieurs milliers de millions d'électrons-volts. L'accélérateur le plus puissant du Canada est le "TRIUMF" (TRI University Meson Facility) de 500 millions d'électrons-volts (500 MeV), qui se trouve en Colombie britannique et, comme M. Hincks l'a fait remarquer, il est considéré par les physiciens comme étant "une machine du niveau faible au niveau intermédiaire sur le plan énergétique et insuffisante en fait pour se livrer à des travaux sur les énergies élevées". (Pour faire des comparaisons, l'accélérateur du Laboratoire Fermi a un diamètre de 2 km (1,2 miles) et peut donner des énergies de faisceaux de l'ordre de 400 GeV, c'est-à-dire de quatre cents mille millions d'électrons-volts.)

Le coût d'une telle installation est prohibitif et seules des considérations économiques empêcheraient probablement le Canada de participer à ces recherches en physique des énergies élevées. Ce n'est pas le cas et c'est ce qu'un groupe de chercheurs du CNRC et de l'Université Carleton ont démontré ensemble en utilisant des laboratoires mobiles mis à la disposition de l'équipe de chercheurs au cours de leurs visites aux grandes installations américaines.

Until comparatively recently, Canadian participation in high energy physics research was on a small scale, partially due to the lack of suitable experimental facilities but also because of the difficulty of assembling a viable research group at any particular university.

One approach proved to lie in a cooperative program between NRC's Division of Physics and the Carleton University Physics faculty. "The value of this kind of collaboration cannot be overemphasized," says Mr. Hincks. "Apart from myself, there are three NRC physicists working full time on this program. Now they are working in the ideal milieu of a university department, but can be quite free-ranging in their approach since they are not subject to the teaching commitments of a faculty member. At the same time, the involvement of faculty and postgraduate students provides an ideal combination resulting in a viable group."

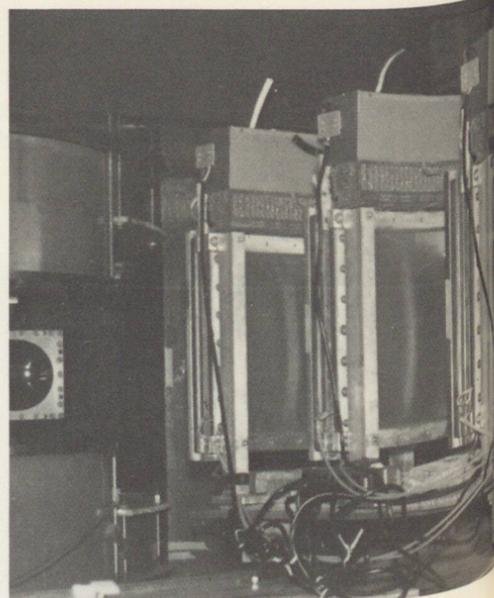
The research group's program, which has included two years at the Lawrence-Berkeley Laboratory (originally known as the Lawrence Radiation Laboratory) in California, and (together with a two-man group from McGill University) 18 months at the Brookhaven National Laboratory, Long Island, is illustrative of the high degree of international cooperation which characterizes high energy physics research. For the Canadian group, this has been particularly advantageous. "We are in the enviable position of not being stuck with any particular machine," points out Mr. Hincks. "We can go to any United States' national facility, and they are very generous. They simply want to know what is the experiment we want to do and how we propose doing it. If they feel it is worth doing, they will provide the beam and other facilities." This approach is, of course, to the particular laboratory's benefit too, since successful research programs enhance a laboratory's reputation as well as a researcher's.

Any specific experiment in this field is essentially centered around studying the structure of particles and the interactions between them by "scattering" — that is, a beam of charged particles from the accelerator strikes a target and is scattered by the target — "a process," says Mr. Hincks, "analogous to directing a beam of light onto a small object — the light scattered (reflected) by the object provides us with information about its shape, color and so on." There are two types of scattering between particles: elastic scattering and inelastic scattering. In the former case, the particles being scattered do not change form — they emerge from a scattering event with changed speeds and directions but they are still the same — no new particles have been created. In the case of inelastic scattering, the identities of both the target particles and beam particles can change — if the target is a nucleus, the nucleus may break up into its constituent parts. The two processes could perhaps best be considered as collisions between tennis balls, on the one hand, and raw eggs, on the other. In either case, however, the physicist is interested in the particles which emerge from the collision, or "event". "What we do," says Mr. Hincks, "is look at what emerges after a collision between particles and then try to identify the particles, to measure their directions and their momenta, and then retrace their paths and reconstruct the event. Then, we can find out if the event which took place was the one we were interested in — because you have to remember that there are all kinds of other events taking place."

Depending on the complexity of the event — how many particles emerge — it is sometimes possible to complete a reconstruction after measuring only some of the values for some of the particles. By applying energy conservation laws, an event can be reconstructed on the basis of partial information, a process very broadly similar to the construction of a triangle of velocities when only two out of the three

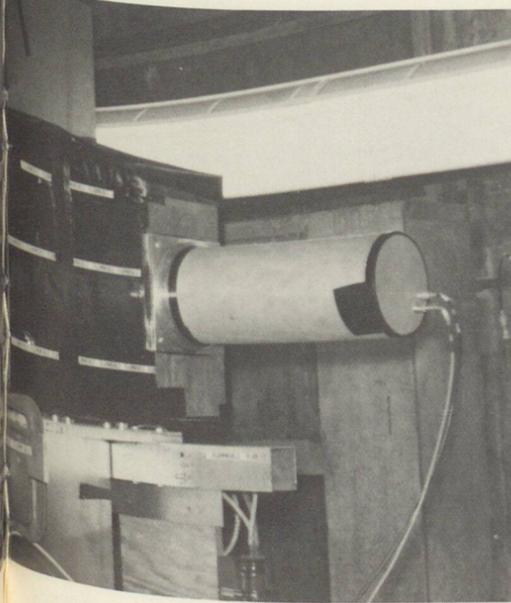
velocities are known.

As with most other areas of scientific experimentation, the actual running of any experiment in the particle physics field is only a proportion of the work involved. Quite apart from establishing and stabilizing the accelerator beam (the responsibility of the accelerator laboratory involved), the Canadian team have to set up and test the appropriate detection and recording equipment and, subsequent to each accelerator run, must be able to analyze and evaluate the data collected. For these two activities, the NRC "mobile laboratory" has proved an invaluable item of hardware to the research team. Mr. Hincks explains: "This is really a mobile data analysis facility. Now it is not really essential to our operation — that is, going to a particular facility to do our experiments. We could have equipment shipped out, or even use the laboratory's own facilities, but it is a great advantage, and much more efficient. The usual arrangement is that the laboratory will provide the accelerator beam and, in some cases, might also provide the specific target for our experiments. We, on the other hand, provide equipment to monitor the beam, detectors to surround the target and measure the products of particle interactions. Added to this is the appropriate electronic logic which then feeds information into the data acquisition and analysis system, run by a PDP-15 computer." This latter equipment is built into a large trailer, whose suspension system was specially designed to provide the delicate cargo with an acceptably smooth ride. With this sort of arrangement, there is the great advantage that many time-consuming preparations, such as writing the special software required for the data analysis system, may be completed well before the research team arrives at a laboratory. "This is very convenient for us," says Mr. Hincks, "since it means that within two or three days after our arrival at a laboratory our equipment can be set up and working."



Division of Physics, NRC

A closer view of the detection equipment.



Division de physique, CNRC

Vue rapprochée de l'équipement de détection.

Jusqu'à une époque relativement récente, la participation canadienne à la recherche en physique des énergies élevées s'est faite sur une petite échelle, en partie du fait du manque d'installations expérimentales appropriées, mais aussi en raison de difficultés rencontrées pour constituer un groupe de recherche viable dans une université donnée.

Une manière de s'attaquer aux problèmes a consisté à mettre sur pied un programme de coopération entre la Division de physique du CNRC et le Département de physique de l'Université Carleton. M. Hincks nous a dit: "La valeur de cette sorte de collaboration ne peut être surestimée. A part moi, on trouve trois physiciens du CNRC travaillant à plein temps dans le cadre de ce programme. Maintenant ces physiciens travaillent en milieu idéal dans un département universitaire mais ils ont beaucoup de liberté dans le choix de leurs méthodes de travail puisqu'ils ne sont pas soumis à des obligations d'enseignement comme membres enseignants du département. En même temps, le fait que les professeurs et les étudiants diplômés travaillent ensemble conduit à une combinaison idéale qui a pour résultat un groupe viable."

Le programme du groupe de recherche, qui a couvert deux années de travail au Laboratoire Lawrence-Berkeley, connu à l'origine sous le nom de Lawrence Radiation Laboratory, en Californie, avec un groupe de deux chercheurs de l'Université McGill ayant travaillé 18 mois au Brookhaven National Laboratory, à Long Island, illustre bien la grande coopération internationale qui caractérise la recherche en physique des énergies élevées. Cette coopération a été particulièrement avantageuse dans le cas du groupe canadien. M. Hincks nous a fait remarquer: "Nous sommes dans la position enviable de ne pas être coincés en étant obligés de nous servir d'une machine particulière. Nous pouvons aller aux États-Unis et nous servir de n'importe quelle installation nationale car les Américains sont

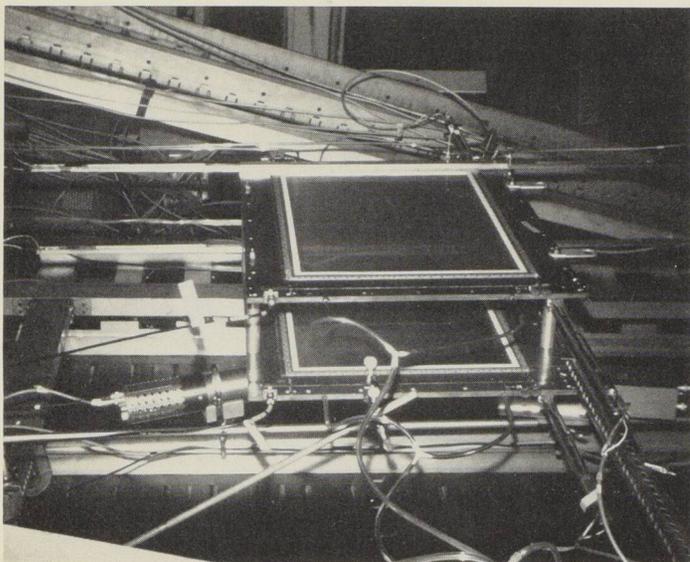
16/2

très généreux. Ils veulent tout simplement savoir quelle est l'expérience que nous voulons faire et comment nous nous proposons de la faire. S'ils pensent que la chose en vaut la peine, ils fournissent le faisceau et d'autres installations." Naturellement cette méthode est aussi à l'avantage d'un laboratoire particulier puisque les programmes de recherche qui réussissent contribuent à augmenter la bonne réputation d'un laboratoire tout aussi bien que celle d'un chercheur.

Toute expérience spécifique en ce domaine est essentiellement centrée sur la structure des particules et les interactions entre ces particules au moyen de la "dispersion", c'est-à-dire du phénomène qui se produit lorsqu'un faisceau de particules chargées émanant de l'accélérateur entre en collision avec une cible qui les disperse; ce processus, nous a dit M. Hincks, "est analogue à ce qui se passe lorsque l'on braque un faisceau de lumière sur un petit objet qui disperse, c'est-à-dire qui réfléchit la lumière dans toutes les directions et ainsi nous donne des renseignements sur l'objet, entre autres sa forme et sa couleur. Il existe deux types de dispersion entre les particules: la dispersion élastique et la dispersion non élastique. Dans le premier cas, les particules dispersées ne changent pas de forme; elles émergent de l'événement dispersif avec des vitesses et des directions différentes mais sans avoir changé de nature, c'est-à-dire qu'elles n'ont pas donné naissance à de nouvelles particules. Dans le cas de la dispersion non élastique, l'identité des particules de la cible et celle des particules du faisceau peuvent changer; ainsi, si la cible est un noyau, ce noyau peut se diviser en ses parties constituantes. Les deux processus pourraient peut-être être considérés au mieux comme des collisions entre des balles de tennis dans le premier cas et entre des oeufs dans le deuxième cas. Dans l'un et l'autre cas, toutefois, le physicien s'intéresse aux particules qui émergent après la collision ou "événement". M. Hincks nous a dit: "Ce que nous faisons est d'examiner ce qui émerge après la collision entre les particules et ensuite nous essayons d'identifier les particules, de mesurer leur direction et leurs quantités de mouvement puis de reconstituer leurs trajectoires et l'événement. C'est alors que nous pouvons trouver si l'événement qui a eu lieu était l'un de ceux auxquels nous nous intéressions car il ne faut pas perdre de vue qu'il y a bien d'autres sortes d'événements."

Selon la complexité de l'événement, donc selon le nombre de particules qui émergent, il est parfois possible de reconstituer entièrement un événement après n'avoir mesuré que certaines des valeurs de quelques particules. En appliquant les lois de la conservation de l'énergie, un événement peut être reconstitué en partant d'une information partielle, processus très semblable en gros à la reconstitution d'un triangle de vitesses lorsque l'on ne connaît que deux des vitesses sur trois.

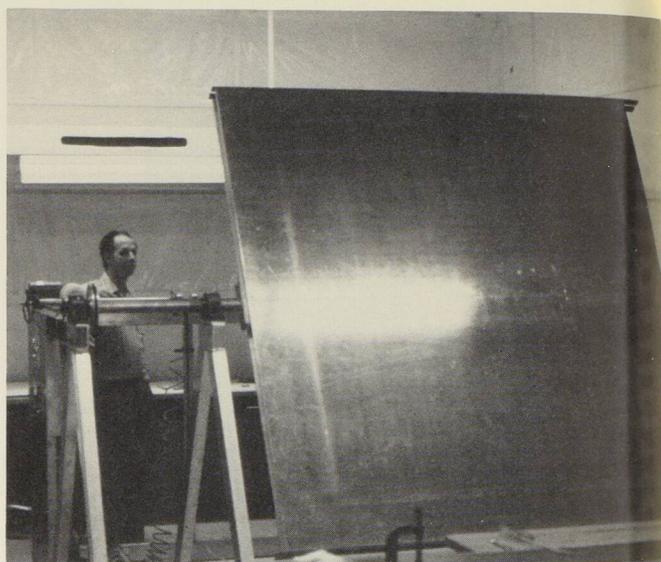
Comme dans la plupart des autres domaines de l'expérimentation scientifique, la partie expérimentale en physique des particules ne constitue qu'une proportion des travaux impliqués. Tout à fait en dehors de l'établissement et de la stabilisation du faisceau de l'accélérateur, ce qui est la responsabilité du laboratoire disposant de cet accélérateur, l'équipe canadienne doit monter et essayer l'équipement approprié de détection et d'enregistrement et, après chaque essai, doit pouvoir analyser et évaluer les données obtenues. Pour ces deux activités, le "laboratoire mobile" du CNRC s'est révélé un élément précieux pour l'équipe de recherche.



Division of Physics, NRC

Spark chambers being installed at Brookhaven.

Chambres à étincelles en cours d'installation à Brookhaven.



Division de physique, CNRC

Stage in the production of a wire grid electrode for the spark chambers.

Étape de la production d'une électrode à grille métallique pour les chambres à étincelles.

An important feature of the data acquisition and analysis system is its rapidity of operation. The presence of particles, and the directions in which they move, are detected by spark chambers whose electrodes are in the form of wire grids. These grids are connected to the computer system, so the system as well as responding to the presence of a particle detects the point at which it passes through the grid, and thus allows the particle's trajectory to be calculated. "All this," points out Mr. Hincks, "is accomplished at very high speed — for example, in the course of our work at Brookhaven we managed to record 20 million events. Now a lot of that is useless material — the computer has to sort it out and reject it; on the other hand, if we had limited ourselves to photographing particle tracks in a bubble chamber and tried to record even a fraction of that number of events, we never would have finished."

One of the highlights of the NRC-Carleton team's work has been an extensive program carried out in cooperation with physicists at the University of Chicago. This work was aimed at critically testing the quantum electrodynamics (QED) theory, the most successful of the modern "basic" theories, that describes electromagnetic interactions at very small distances. Using the Chicago cyclotron, the NRC-Carleton-Chicago group carried out their first experiment to test the theory in 1971. To everyone's surprise, the results were in serious disagreement with the predictions of the theory, this considerable discrepancy being confirmed by independent measurements completed by physicists in Europe. During the following four years, a large number of theoretical papers appeared. Some corrected errors in earlier work, some refined the calculations and others offered novel explanations for the discrepancy. This had the effect of narrowing, but not completely closing, the gap between theory and experiment so new experimental work seemed warranted.

This was initiated by the NRC-Carleton-Chicago team in the fall of 1974, using a cyclotron at the Space Radiation Effects Laboratory, Newport News, Virginia (the Chicago cyclotron had been shut down and dismantled in the interim) and the work was completed by late 1975. All results seem to be in excellent agreement with the revised QED calculations and so add to the stature of the theory and at the same time increase the demand for still better experiments. As Mr. Hincks points out, "the project led to the observation of several nuclear effects for the first time, and more significantly, it has provided a critical test of QED, one of our most fundamental and successful physical theories. It will also yield a better value for the mass of one of the most important elementary particles — the pion. It is an excellent example of highly sophisticated physics being performed by a Canadian group at very modest cost."

Is there, though, a rationale for indulging in this kind of research? After all, even the most devoted high energy physicist would be hard put to suggest a practical application for his work. As the song puts it, "it don't plant 'taters, it don't pick cotton", and certainly the study of particle interactions brings us no closer to the proverbial better mousetrap. However, there are surely two arguments for supporting this kind of work. The first is cooperation. Of all the fields of scientific endeavor there are not many that achieve such a high degree of international cooperation, transcending national and ideological boundaries. The second is that research in high energy physics offers the prospect of giving us an understanding of the nature of our universe, and the search for understanding is a duty which no civilization can afford to neglect. □

David Mosey

M. Hincks nous a expliqué: "Ce laboratoire est réellement une installation mobile d'analyse des données. Maintenant il n'est pas réellement essentiel à nos travaux, c'est-à-dire pour aller faire nos expériences dans une installation particulière. Nous pourrions avoir des équipements qui nous seraient envoyés ou même nous pourrions utiliser les propres installations du laboratoire mais ce laboratoire mobile constitue un grand avantage et permet une efficacité beaucoup plus grande. Actuellement le laboratoire visité fournit le faisceau de l'accélérateur et, dans certains cas, peut aussi fournir la cible spécifique pour nos expériences. D'un autre côté, nous fournissons l'équipement pour contrôler le faisceau et les détecteurs environnant la cible et pour mesurer les produits résultant de l'interaction entre les particules. De plus, nous fournissons aussi la logique électronique appropriée qui envoie l'information dans le système d'acquisition et d'analyse des données sous le contrôle de l'ordinateur PDP-15. Ce dernier équipement se trouve dans une grande remorque dont la suspension a été spécialement conçue pour éviter à ses chargements délicats les secousses et les vibrations. Ainsi, nous avons un grand avantage: de nombreuses préparations prenant beaucoup de temps, telle la formulation des programmes spéciaux nécessaires à l'analyse des données, peuvent se faire bien avant que l'équipe de recherche arrive sur place." M. Hincks nous a dit: "Pour nous, c'est très pratique puisque cela signifie que dans les deux ou trois jours qui suivent notre arrivée au laboratoire notre équipement est prêt à fonctionner."

Un point important du système d'acquisition et d'analyse des données est sa rapidité de fonctionnement. La présence de particules et les directions selon lesquelles elles se déplacent sont détectées par des chambres à étincelles dont les électrodes ont la forme de grillages métalliques. Ces grillages sont reliés au système de l'ordinateur de sorte que ce système, tout en répondant à la présence d'une particule, détecte le point où la particule passe à travers les grillages et ainsi permet de calculer la trajectoire de la particule. M. Hincks nous a fait remarquer: "Tout ceci se fait à très grande vitesse; ainsi, par exemple, nous avons pu enregistrer 20 millions d'événements au cours de nos travaux à Brookhaven. Maintenant, une grande quantité de tout cela est devenue inutile; l'ordinateur doit procéder à un triage et à un rejet; d'un autre côté, si nous nous étions limités à photographier les trajectoires des particules au moyen d'une chambre à bulles et à essayer d'enregistrer ne serait-ce qu'une petite partie de ces nombreux événements, nous n'aurions jamais terminé."

L'un des points saillants des travaux de l'équipe CNRC-Carleton a été un programme étendu exécuté en coopération avec les physiciens de l'Université de Chicago. Ces travaux visaient à vérifier la validité de la théorie de l'électrodynamique quantique, la plus puissante des théories modernes "fondamentales" qui décrit les interactions élec-

tromagnétiques sur de très petites distances. A l'aide du cyclotron de Chicago, le groupe CNRC-Carleton-Chicago a fait, en 1971, ses premières expériences pour vérifier la théorie. Quelle n'a pas été la surprise de chacun des chercheurs en trouvant que les résultats ne concordaient pas du tout avec les prévisions théoriques, ce désaccord considérable étant confirmé par des mesures indépendantes faites par des physiciens européens. Au cours des quatre années suivantes, des communications théoriques en grand nombre ont été publiées. Dans certaines d'entre elles, des erreurs faites précédemment étaient corrigées; dans d'autres les calculs étaient plus poussés et, enfin, dans d'autres encore on offrait des explications nouvelles de ces différences. Ces travaux ont permis de réduire le désaccord sans toutefois le supprimer de sorte qu'il semblait nécessaire de se livrer à de nouveaux travaux expérimentaux.

Ces travaux ont été lancés par l'équipe CNRC-Carleton-Chicago durant l'automne de 1974 à l'aide du cyclotron du Space Radiation Effects Laboratory, de Newport News, en Virginie (le cyclotron de Chicago avait été démonté dans l'intervalle) et les travaux ont été terminés à la fin de 1975. Tous les résultats semblent être en excellent accord avec les calculs liés à la théorie de l'électrodynamique quantique et, ainsi, la renforce tout en mettant en évidence la nécessité de faire des expériences encore meilleures. Comme M. Hincks l'a fait remarquer: "Le projet a conduit à l'observation de plusieurs effets nucléaires pour la première fois et, ce qui est encore plus important, il a fourni l'occasion de vérifier l'une des plus fondamentales et des plus fécondes théories de la physique. Il donnera également une meilleure valeur de la masse de l'une des particules élémentaires les plus importantes, le pion. C'est aussi un excellent exemple d'études faites par un groupe canadien dans la physique hautement complexe et à un coût très modéré."

Existe-t-il, malgré tout, une raison justifiant de ce type de recherche? Après tout, même les physiciens les plus dévoués dans le domaine des énergies élevées se sentiraient fortement mis à l'épreuve si on leur demandait de proposer une application pratique de leurs travaux. Comme on le dit dans la chanson, "Ça ne plante pas les patates et ça ne ramasse pas le coton!" et, certainement, l'étude des interactions entre les particules ne nous rapproche pas du meilleur piège à souris bien connu. Toutefois, il existe certainement deux arguments pour justifier de ce type de recherche. Le premier est la coopération. Parmi tous les domaines scientifiques, il en existe peu où la coopération internationale soit si poussée et dépasse les frontières nationales et idéologiques. Deuxièmement, la recherche en physique des énergies élevées offre les perspectives de nous permettre de comprendre la nature de notre univers et de mieux comprendre est un devoir qu'aucune civilisation ne peut s'offrir le luxe de négliger. □

Texte français: **Louis-Georges Desternes**

A radio profile from space - Portrait of HC₅N

A team of NRC astronomers has identified cyanodiacetylene (HC₅N), the heaviest molecule yet detected in interstellar space. The breakthrough in late November 1975, was the first such discovery made in Canada.

The astronomers tensed with anticipation. Radio telescope data were plotted carefully as they emerged from the spectrometer. On examination, one prominent peak stood out sharply from a relatively featureless graph. There could be no doubt. It was the correct frequency for cyanodiacetylene, the heaviest molecule yet detected in interstellar space.

With their discovery, a team from the Herzberg Institute of Astrophysics joined the exclusive fraternity of radio telescope explorers who have found a new species in the space between stars.

In the end, the breakthrough was a cooperative effort. Initiated in Ottawa by a spectroscopist, Dr. Takeshi Oka, the cosmic search was completed several days later at NRC's Algonquin Radio Observatory by observational astronomers Mr. Norman Broten, Dr. Lorne Avery and Dr. John MacLeod.

"We were fortunate the facilities of the Herzberg Institute enabled us to work so closely together," observes Mr. Broten. "I think you will find that successful astronomers in other countries also plan their observing strategies in concert with premier spectroscopists. It is a teamwork that is hard to overestimate."

The suggestion to search for cyanodiacetylene came initially from Dr. Oka in late September, 1975. Working with data observed in the laboratory, he was able to predict a precise frequency at which the molecule would emit energy.

Dr. Oka explains: "I received certain rotational constants for cyanodiacetylene from Dr. Harry Kroto, a colleague in England. To me, these were important figures because they led to an accurate dipole moment and finally to precise values for the molecule's rotational transition frequencies."

One predicted transition, exceedingly strong in the laboratory, caught Dr. Oka's attention. He reasoned that if the molecule were abundant enough in space, this radiation might be sufficiently strong to register on a properly-tuned radio frequency receiver.

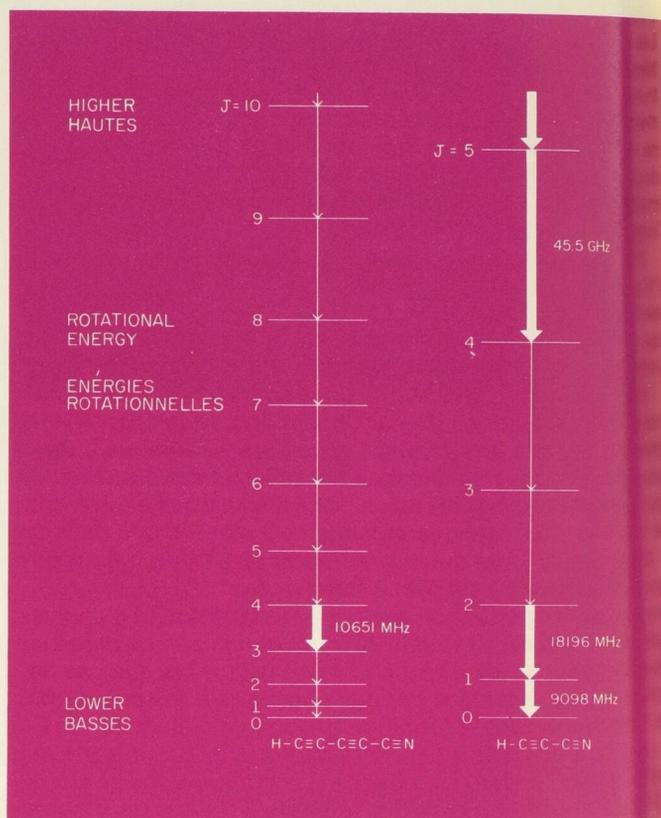
"Astronomers had already detected hydrogen cyanide (HCN) and cyanoacetylene (HC₃N)," he says. "There seemed little reason why we should not find the next molecule in the series, HC₅N."

The search then shifted to the Algonquin Radio Observatory where the 46 m (150-foot) radio telescope dish was aimed at an area in the constellation Sagittarius, nearly 30 thousand light years away. In the past, some 35 interstellar molecules had been discovered in the same region of our galaxy. Within days, instruments traced the indelible radio frequency fingerprints unique to cyanodiacetylene.

"The microwave frequency Dr. Oka provided for us fell within the most sensitive detection range of our telescope," recalls Mr. Broten, head of the observation team.

"After correction for the Doppler shift (a slight deviation in frequency brought about by the velocity of the observed cloud relative to Earth), we found the signal exactly where predicted."

Until then, the heaviest species observed had been sulfur dioxide (SO₂), comprised of three atoms with a total molecular weight of 64. (Molecular weight values describe a compound's comparative mass based on an atomic scale). Significantly heavier at molecular weight 75, cyanodiacetylene contains single hydrogen and nitrogen atoms attached to a 5-carbon long organic backbone. "Before this, we thought the radiation in space broke down these rel-



Herzberg Institute of Astrophysics

Institut Herzberg d'astrophysique

By descending steps or levels in its "staircase" of rotational energy, a molecule will emit characteristic frequencies. Here, predicted rotational energy transitions are shown for cyanodiacetylene (left) and a close relative, cyanoacetylene (right). Those observed in interstellar space are indicated by heavy arrows. NRC astronomers have detected the microwave frequency of cyanodiacetylene's energy jump between levels 4 and 3 (left) and, most recently, the transition between levels 8 and 7.

En descendant les marches de son "escalier" d'énergie rotationnelle, une molécule émet des fréquences caractéristiques. Des transitions d'énergie rotationnelle prévues sont illustrées ici dans le cas du cyanodiacétylène (à gauche) et d'un parent proche, le cyanoacétylène (à droite). Les flèches en gros traits se rapportent à celles qui sont observées dans l'espace interstellaire. Les astronomes du CNRC ont détecté la fréquence micro-onde du saut énergétique du cyanodiacétylène entre les niveaux 4 et 3 (à gauche) et, tout récemment, la transition entre les niveaux 8 et 7.

atively longer chain molecules and allowed only compact molecules to exist," explains Mr. Broten. "Now we can begin looking for longer and heavier species than we previously imagined could survive out there."

Jn profil radio de l'espace Portrait du HC₅N

Une équipe d'astronomes du CNRC a identifié le cyanodiacétylène (HC₅N), la molécule la plus lourde détectée à ce jour dans l'espace interstellaire. Cette percée est la première découverte de cette nature faite au Canada.

L'émotion régnait chez les astronomes. Qu'allait-on trouver? Les données du radiotélescope étaient soigneusement portées sur des graphiques à mesure qu'elles sortaient du spectromètre. Après un examen minutieux, une pointe nettement marquée est apparue sur un graphique qui, par ailleurs, ne révélait aucun autre point marquant. Il n'y avait aucun doute! C'était bien la fréquence du cyanodiacétylène, la molécule la plus lourde détectée à ce jour dans l'espace interstellaire.

Du fait de leur découverte, une équipe de chercheurs de l'Institut Herzberg d'astrophysique rejoignait ainsi le club exclusif des explorateurs, spécialistes des radiotélescopes, qui ont découvert de nouvelles molécules dans l'espace interstellaire.

En fin de compte, la percée a été le résultat d'un effort de coopération. Lancée à Ottawa par le Dr Takeshi Oka, spectroscopiste, la recherche cosmique s'est terminée plusieurs jours après à l'Observatoire radioastronomique d'Algonquin du CNRC par l'astronome Norman Broten, le Dr Lorne Avery et le Dr John MacLeod.

M. Broten nous a dit: "Nous avons eu de la chance de pouvoir disposer des installations de l'Institut Herzberg pour pouvoir travailler en si étroite collaboration. Je pense que vous trouverez que les astronomes qui ont également réussi dans d'autres pays ont aussi planifié leurs observations de concert avec les meilleurs spectroscopistes. C'est un travail d'équipe qu'il est difficile de surestimer."

La proposition d'essayer de trouver du cyanodiacétylène a été, à l'origine, une initiative du Dr Oka, en fin septembre 1975. En partant de données observées au laboratoire, il a pu prévoir une fréquence précise d'émission énergétique de la molécule.

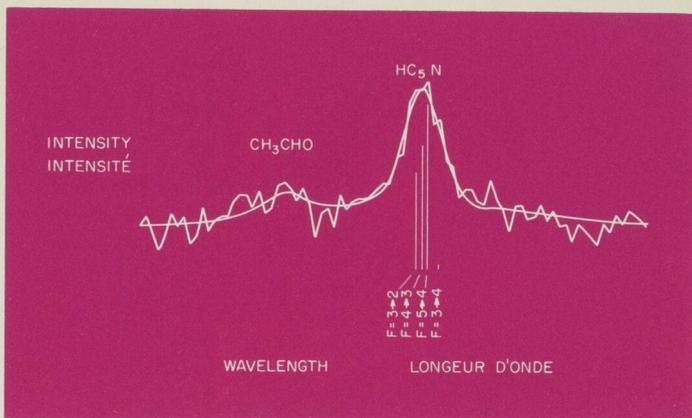
Le Dr Oka nous a expliqué: "J'ai reçu du Dr Harry Kroto, un collègue d'Angleterre, certaines constantes rotationnelles pour le cyanodiacétylène. Pour moi, ces constantes étaient des valeurs chiffrées importantes car elles conduisaient à un moment dipolaire précis et, finalement, à des valeurs précises des fréquences de transition rotationnelles de la molécule."

Une transition prévue, extrêmement puissante au laboratoire, a attiré l'attention du Dr Oka. Il en a déduit que, si la molécule était assez abondante dans l'espace interstellaire, cette radiation pourrait être suffisamment forte pour être repérée par un récepteur de fréquence radio bien réglé.

Il nous a dit: "Les astronomes avaient déjà détecté du cyanure d'hydrogène (HCN) et du cyanoacétylène (HC₃N). Il n'y avait donc apparemment aucune raison pour que nous ne trouvions pas la molécule suivante de la série, c'est-à-dire le HC₅N."

La recherche a été ensuite continuée à l'Observatoire radioastronomique d'Algonquin où l'on dispose d'un radiotélescope de 46 m (150 pieds) dont l'antenne a été braquée sur la constellation du Sagittaire, à près de 30 000 années-lumière. Dans la même région de notre galaxie, on avait déjà découvert environ 35 molécules interstellaires. En quelques jours, les instruments ont tracé "l'empreinte digitale" indélébile de la fréquence radio unique caractérisant le cyanodiacétylène.

M. Broten, chef de l'équipe d'observateurs, nous a dit: "La fréquence micro-onde que le Dr Oka nous a fournie s'est trouvée dans la gamme de détection la plus sensible de notre télescope."



Miss C.W. Clyde, NRC

Mlle C.W. Clyde, CNRC

A strong central peak confirms the identity of cyanodiacetylene.

Une pointe centrale bien marquée montre qu'il s'agit bien de cyanodiacétylène.

"Après avoir procédé à une correction en raison du décalage Doppler (une petite déviation de la fréquence ayant son origine dans la vitesse du nuage observé par rapport à la terre) nous avons trouvé que le signal était exactement celui qui était prévu."

Jusqu'alors, les espèces les plus lourdes observées avaient été le gaz sulfureux (SO₂) formé de trois atomes et dont le poids moléculaire est de 64 (les poids moléculaires permettent de comparer les masses de composés en se basant sur l'échelle atomique). Le cyanodiacétylène de poids moléculaire plus élevé, puisqu'il est de 75, contient des atomes uniques d'azote et d'hydrogène attachés à une longue chaîne organique de cinq atomes de carbone. M. Broten nous a expliqué: "Avant cette découverte nous pensions que les radiations spatiales brisaient ces chaînes moléculaires relativement longues de sorte que l'on ne pourrait trouver dans l'espace que des molécules compactes. Maintenant, nous pouvons commencer à chercher des espèces comportant des chaînes plus longues et plus lourdes que celles que nous avons imaginées et que nous pensions être les seules à pouvoir survivre dans l'espace interstellaire."

Il se pourrait que ce soit la glycine, la forme la plus simple des acides aminés dont le poids moléculaire est identique à celui du cyanodiacétylène. Les atomes qui se trouvent dans la glycine (le carbone, l'hydrogène, l'azote et l'oxygène) se trouvent aussi dans l'espace interstellaire. La détection d'une molécule lourde comme le cyanodiacétylène dans le cosmos fait naître l'espoir que les acides aminés, c'est-à-dire la matière première des protéines, peuvent aussi s'y trouver. Si la vie, comme nous la connaissons, existe ailleurs dans l'univers, de tels acides aminés doivent s'y trouver.

portrait of HC₅N

The 46 m (150-foot) radio telescope dish at Algonquin Park.

L'antenne de 46 m (150 pieds) du radiotélescope du Parc Algonquin.



One candidate might be glycine, simplest of the amino acids, with a molecular weight identical to cyanodiacetylene. Of the atoms which comprise glycine (carbon, hydrogen, nitrogen and oxygen) all are present in interstellar space. Detection of a cosmic heavyweight like cyanodiacetylene raises hopes that amino acids, the building blocks of protein, may also be found. For life as we know it to exist elsewhere in the universe, these acids must be present.

"They have already been found in moon rocks and meteorites," says Dr. Avery, "so there is no question they exist beyond Earth. But if amino acids do, in fact, exist in a source like Sagittarius, they may not be abundant enough to detect. Like the proverbial needle in a haystack, you suspect they are out there, but how do you put a finger on them?"

"Sagittarius B2 is also an area where star formation is taking place," continues Dr. Oka, "so in this environment, any amino acid might be burned away when hot gases condense to stars."

Cyanodiacetylene itself has raised some eyebrows since it does not occur naturally on Earth and has only recently been made in the laboratory. It is surprising that such a rare species should be found in the vast reaches of space between the stars where molecules of any kind are exceedingly scarce. (Whereas 1 cm³ of air in the laboratory contains more than a million million million molecules, the same volume in rarefied space may contain but one).

The discovery has also prompted several other questions. How do such molecules form in the cold and near-vacuum conditions of space? If they build up like an atomic jig-saw puzzle, where do the pieces originate and how do they fit together? Or do whole molecules simply distill off from the surface of hot stars? Answers to these and other questions may eventually bring us closer to understanding the mysterious chemistry of the universe.

In recent years, the detection of interstellar molecules has been made possible through molecular line spectroscopy, now one of the most active fields in astrophysics. It

has grown concurrently with the emerging sophistication of the radio telescope, an instrument whose detection of radio waves is analogous to light detection by an optical telescope.

Observations of the galaxy's center with conventional optical telescopes are obscured by dust in the same region. Radio waves, however, enable astronomers to penetrate this interference and "see" to the center and beyond. Since the detection of ammonia in 1968, the study of molecular lines from space has added new fuel to theories on the dynamics at the center of our galaxy.

"The development of the millimetre wavelength dish and the spectrometric capability at Tucson, Arizona, brought a rash of discoveries in the late 1960's," explains Mr. Broten. "This apparatus was most sensitive to the high frequency transitions in light molecules such as ammonia, water or formaldehyde. Of course, heavier molecules like cyanodiacetylene have lower transition frequencies which now fall within the range of our main dish at Algonquin. Happily, this should give us an equal chance at discovery."

Most recently, the Canadian astronomers have detected one more of cyanodiacetylene's emission lines at 21.3 GHz.

The team is now extending its search for other frequencies in the spectrum of cyanodiacetylene and perhaps for evidence of other molecules, heavier yet.

"Considering the relatively high abundance of HC₅N," theorizes Dr. MacLeod, "it is not unlikely that HC₇N may eventually be detected as well. But for now, we plan to search other regions of the galaxy to get some idea of the distribution of cyanodiacetylene."

Follow-up observations at the NEROC Observatory in Westford, Massachusetts, and at the Parkes Observatory, Australia, will provide access to areas of the Southern sky. These telescopes will be sensitive to different portions of the radio frequency spectrum than the Algonquin instrument and will complement the observations made in Canada. □

W.J. Cherwinski

“Un travail d'équipe difficile de surestimer.” De gauche à droite: les radioastronomes, le Dr Lorne Avery, M. Norman Broten et le Dr John MacLeod planifient leur stratégie d'observation.

“A teamwork that is hard to overestimate.” Radio astronomers (left to right) Dr. Lorne Avery, Mr. Norman Broten and Dr. John MacLeod plan their observing strategy.



Le Dr Avery nous a expliqué: “Ils ont déjà été trouvés dans les roches lunaires et dans des météorites; ainsi, la question ne se pose plus de savoir s'ils existent en dehors de la terre. Si les acides aminés existent, en fait, dans un endroit comme le Sagittaire, il se peut qu'ils ne soient pas assez abondants pour être détectés. C'est un peu l'histoire de l'aiguille dans le tas de foin; même si l'on sait que l'aiguille s'y trouve il n'en reste pas moins difficile de la trouver.”

“Le Sagittaire B2 est également une région de l'espace où des étoiles se forment”, a continué le Dr Oka, “de sorte que dans cet environnement, tout acide aminé pourrait être brûlé lorsque des gaz chauds se condensent pour donner des étoiles.”

La découverte du cyanodiacétylène lui-même a fait froncer les sourcils aux savants puisqu'il ne se trouve pas naturellement sur la terre, et qu'il n'a été synthétisé que récemment en laboratoire. Il est surprenant qu'un composé si rare puisse être trouvé dans l'immensité spatiale entre les étoiles où les molécules, de quelque sorte que ce soit, sont déjà extrêmement rares. (Alors qu'un centimètre cube d'air au laboratoire contient plus d'un million de millions de millions de molécules, le même volume en milieu interstellaire n'en contient qu'une seule.)

Du fait de cette découverte on se pose maintenant plusieurs autres questions. Comment de telles molécules se forment-elles dans le froid spatial où la pression est presque aussi basse que dans le vide absolu? Si elles se forment comme une sorte d'assemblage atomique rappelant les jeux de patience, d'où proviennent les composantes et comment se fait l'assemblage? Ou, tout simplement, est-ce que des molécules entières sont projetées par des étoiles chaudes? Les réponses à ces questions et à d'autres questions pourront peut-être par la suite nous permettre de mieux comprendre les réactions chimiques mystérieuses qui se produisent dans l'univers.

Au cours des dernières années, la détection de molécules interstellaires est possible grâce à la spectroscopie permettant de déceler des raies moléculaires; ce domaine est, de nos jours, l'un de ceux où les astrophysiciens témoignent de la plus grande activité. Ces développements ont été possibles du fait que les radiotélescopes se sont perfectionnés et permettent de détecter des ondes radio de la même manière que l'on détecte des ondes lumineuses au moyen des télescopes optiques.

Les observations du centre de la galaxie avec des télescopes optiques traditionnels sont obscurcies par les poussières interstellaires qui existent dans cette région. Les ondes radio, toutefois, traversent ces nuages de poussières de sorte que l'on peut “voir” le centre de la galaxie et même au-delà. Depuis la détection de l'ammoniac, en 1968, l'étude des raies moléculaires données par des composés se trouvant dans l'espace a augmenté l'intérêt porté aux théories de la dynamique des phénomènes ayant lieu au centre de notre galaxie.

M. Broten nous a expliqué: “Le développement des antennes radar permettant de travailler sur les longueurs d'onde de l'ordre du millimètre et les possibilités offertes par la spectrométrie, à Tucson, dans l'Arizona, sont à l'origine de toute une série de découvertes faites à la fin des années '60. Cet appareil était le plus sensible aux transitions aux fréquences élevées des molécules légères comme celles de l'ammoniac, de l'eau et du formaldéhyde. Naturellement, les molécules lourdes comme le cyanodiacétylène ont des fréquences de transition plus basses qui tombent maintenant dans la gamme de notre antenne principale à Algonquin. C'est donc là pour nous une chance heureuse de faire des découvertes.”

Tout récemment, les astronomes canadiens ont détecté encore une autre raie d'émission du cyanodiacétylène, mais cette fois à 21,3 GHz. L'équipe étend maintenant ses recherches à d'autres fréquences du spectre du cyanodiacétylène et essaie aussi de trouver d'autres molécules, plus lourdes encore.

Le Dr MacLeod formule l'hypothèse suivante: “Si l'on considère l'abondance relativement grande du HC₅N, il n'est probablement pas impossible de détecter aussi du HC₇N. Mais, pour l'instant, nous avons l'intention de chercher d'abord dans d'autres régions de la galaxie afin de nous faire une idée de la répartition spatiale du cyanodiacétylène.”

Des observations pourront être faites à l'Observatoire NEROC, à Westford, dans le Massachusetts, et à l'Observatoire Parkes, en Australie; ainsi il sera possible d'examiner de vastes régions du ciel austral. Ces télescopes permettront d'explorer des régions du spectre des fréquences radio différentes de celles qu'il est possible d'étudier à Algonquin et ils permettront de compléter les observations faites au Canada. □

Texte français: Louis-Georges Desternes

Automatic fine tuning for papermaking machines - The backtender's friend

With the help of a grant under NRC's Industrial Research Assistance Program, researchers at Consolidated-Bathurst Limited have developed a unique electronic calendering control system.

Anyone who has visited a paper mill will have observed the backtender, the person in charge of the dry end of the machine. He walks back and forth, continuously sounding the reel with a stick or his hand. He is searching for hard and soft spots as the roll builds up from the endless rushing web.

Until recently, this part of the papermaking process had not benefited from one of the most important industrial developments of our era, the introduction into manufacturing of automatic process control, the continuous monitoring of product quality by electronic or mechanical means. It can free human operators (like the backtender) from constantly having to check operating parameters such as flow rate, temperature and pressure and it permits more rigid control of these crucial factors than is possible with manual methods. The result is a more consistent product quality.

These potential advantages apply to almost every industry, and automatic control is now widely used in such areas as the manufacture of chemicals and the refining of petroleum. However, in papermaking, its application has lagged. The reasons for this become clear as one begins to understand the nature of paper and its fabrication.

Paper is essentially a mechanical assemblage of fibrous material bonded together by rather weak chemical links that are not yet fully understood by scientists. There is a standard manufacturing process for all types of mass-produced paper. It begins with ejecting a wide, flat jet of a very dilute slurry of pulp fibres onto one, or with some very new machines, between two endless wire screens. Most of the water in the slurry is drained by suction at this stage. The wet fibre web is squeeze-dried through roller presses and then fully dried as it passes over steam-heated cylindrical driers. The dry paper web next passes through the calender stack where it is smoothed and compacted by a number of heavy steel rolls arranged one above the other. It

is then wound into a reel. When it reaches a certain diameter, the reel of paper is taken to a winder where it is unwound, slit and rewound into rolls of diameters and widths suited to a customer's particular requirements.

The customer judges the quality of the product he receives in two areas: first the performance of the paper, that is, whether it prints well, makes a good surround in packaging or is sufficiently absorbent, and secondly the ease of processing. A good roll of paper runs with an even tension across its width as it is pulled into a printing press or converting machine. A poor roll has a tendency to wrinkle and requires more braking at the unwind stand, which leads to high peak stresses with a concomitant greater chance of breaking. Paper which breaks too often can cause serious problems such as a newspaper missing its deadline and can also raise printers' costs considerably.

It is well known that non-uniform reels from the paper machine make for poor running rolls in the press room. The duties of the backtender are to monitor the reel and take corrective action where required. When he finds a non-uniformity developing as the paper races out of the machine, the backtender has to act at once to restore uniform paper thickness. He adjusts the valves on one or more nozzles on a piece of equipment which can blow a continuous stream of air onto the steel rolls, some of which are heated internally with high pressure steam to improve their ironing and smoothing effect.

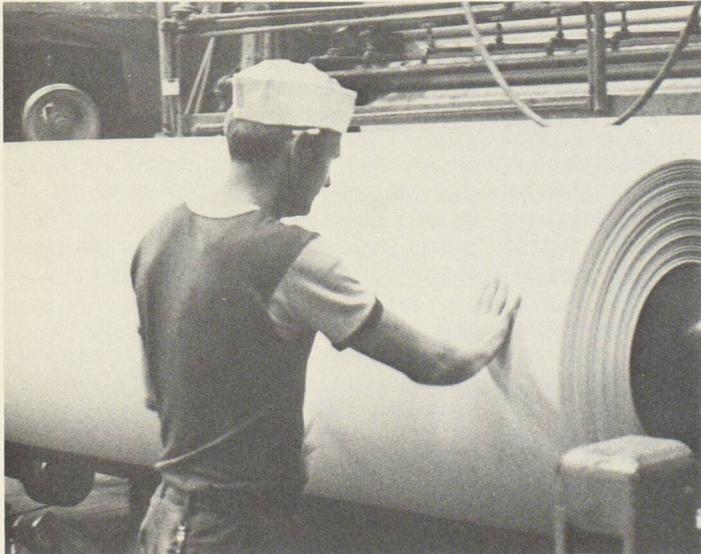
"This would be very simple," explains Dr. O.J. Walker, Director of Research and Technical Services of the Consolidated-Bathurst's Pulp and Paper group, "if the backtender could adjust the various air jets to get a reel of even hardness and then leave matters be. Unfortunately, this is not the way of paper machines. They are more like early aircraft which required a pilot's constant attention to stay on course. Consequently, the backtender on a paper machine has to spend most of his time as a human sensor of reel hardness, applying his own particular control strategy in adjusting the air streams to minimize the variations. Not everybody can sense and control reel hardness well and the level of attention required is very high.

The backtender at the reel of a paper machine.

L'aide-conducteur surveillant la bobine mère d'une machine à papier.

Consolidated-Bathurst Limited

Consolidated-Bathurst Limitée



Avec la microrégulation automatique Les machines à papier et l'électronique

Avec l'aide d'une subvention PARI du CNRC les chercheurs de la compagnie Consolidated-Bathurst Limitée ont mis au point un remarquable système de régulation électronique du calendrage.

Si vous avez vu fonctionner une machine à papier, vous avez sans doute remarqué l'aide-conducteur, c'est-à-dire la personne responsable des opérations finales et plus précisément de la bobine mère devant laquelle il va et vient continuellement pour en contrôler, pendant le bobinage, les parties molles et dures à l'aide d'un bâton ou de sa main.

Jusqu'à tout récemment, cette étape de la fabrication du papier n'avait pas encore bénéficié de l'un des plus importants progrès industriels de notre époque qu'est l'introduction de la régulation automatique du processus de fabrication ou, si l'on préfère, du contrôle permanent de la qualité du produit par des méthodes mécaniques ou électroniques. Cette innovation permet de dégager les préposés humains comme l'aide-conducteur de l'obligation d'avoir à vérifier continuellement des paramètres de fonctionnement (par exemple, le débit, la température et la pression) et un contrôle plus serré de ces facteurs cruciaux que par les méthodes manuelles. Il en résulte une qualité plus uniforme du produit.

Ces avantages potentiels s'appliquent à presque tous les processus industriels et la régulation automatique est maintenant largement utilisée dans des domaines comme la fabrication des produits chimiques et le raffinage du pétrole. Il est cependant un domaine où son application a été quelque peu retardée, celui de la fabrication du papier. La cause de ce retard apparaît clairement lorsqu'on commence à comprendre la nature du papier et comment on le fabrique.

Le papier est essentiellement un assemblage mécanique de matière fibreuse solidarisée par des liaisons chimiques plutôt faibles dont les caractéristiques ne sont pas encore parfaitement comprises des scientifiques. Il existe un processus de fabrication commun à tous les types de papiers produits en grandes quantités et qui commence par l'émission d'un jet large et plat d'une pâte fibreuse très diluée sur une toile métallique sans fin ou, dans le cas de machines de modèle très récent, entre deux toiles. C'est au cours de cette étape que la plus grande partie de l'eau contenue dans la pâte est éliminée par aspiration et le matelas fibreux qui en résulte est essoré par des presses. L'eau résiduelle qu'il contient encore est ensuite éliminée par le passage de la

feuille de papier ainsi formée dans une batterie de tambours sècheurs chauffés intérieurement à la vapeur. Le ruban continu sortant de la batterie de sècheurs est enfin introduit dans des calendres constituées d'une série de lourds cylindres en acier superposés qui en assurent le lissage et le compactage. Après quoi le ruban de papier est enroulé sur un mandrin qui fournit des bobines mères. Quand la bobine de papier atteint un certain diamètre on la retire pour la placer sur une bobineuse où elle est débobinée, refendue et rebobinée pour obtenir des bobines de papier de diamètre et de largeur correspondant aux besoins du client.

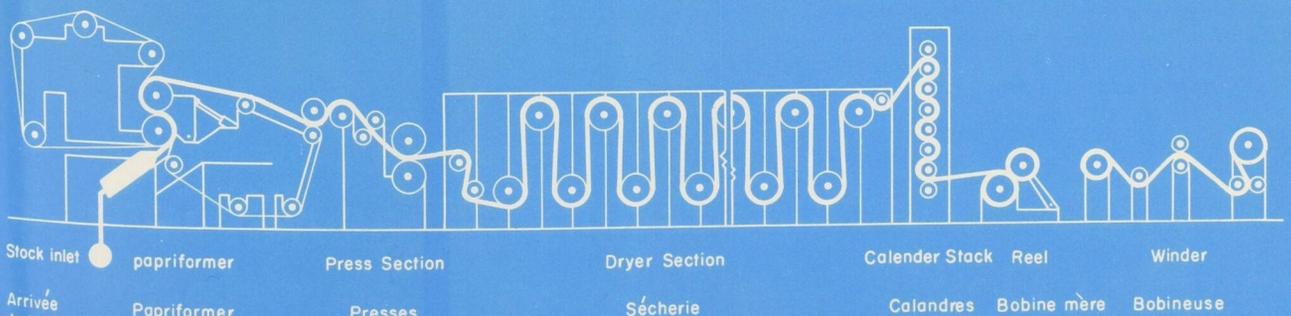
Les critères auxquels se réfère le client pour juger de la conformité ou de la non conformité du produit qu'il reçoit s'appliquent d'une part à la qualité d'impression que le papier considéré permettra d'obtenir, aux propriétés qui en feront ou non un bon papier d'emballage ou suffisamment absorbant et, d'autre part, à sa facilité d'utilisation. Un bon rouleau de papier se déroule avec une tension égale sur toute sa largeur lorsqu'on le fait passer dans une presse d'imprimerie ou dans toute autre machine destinée à lui faire subir une transformation donnée. Un rouleau de mauvaise qualité a tendance à se froisser et il faut donc augmenter le freinage de la bobine débitrice, engendrant ainsi des contraintes élevées et un risque de déchirement. Un papier qui se déchire trop fréquemment peut causer de sérieux problèmes (notamment, le retard de la publication d'un journal) et peut conduire aussi à une augmentation considérable des frais d'impression.

Il est bien connu que si les bobines sortant de la machine à papier ne sont pas uniformes le débit des presses d'un journal en est affecté. La tâche de l'aide-conducteur est donc de surveiller la bobine mère et d'intervenir immédiatement s'il décèle un manque d'uniformité dans l'épaisseur du papier en cours de fabrication. Son intervention consiste à régler le jet d'air sortant d'une ou de plusieurs tuyères d'un dispositif dirigeant un courant d'air continu sur des cylindres en acier dont certains sont chauffés intérieurement par de la vapeur à haute pression pour renforcer l'action de repassage et de lissage.

Mrs. Denise Ladouceur, NRC

Madame Denise Ladouceur, CNRC

Schematic illustration of a papermaking machine
Représentation schématique d'une machine à papier



The backtender's friend

"We had a few ideas for devices that could free the man from his demanding task," continues Dr. Walker, "and we were pleased when, in 1966, we received support from NRC's Industrial Research Assistance Program, enabling us to assemble a team of people to tackle the project. The mandate connected with our IRAP grant was to study the instantaneous localized tension in moving paper webs with the objective of developing a means of measuring and controlling the stress distribution."

The measurement of local stress in the moving web was accomplished fairly easily, using adaptations of existing technology.

"What proved to be the real stickler," says Dr. Walker, "was the development of a sensing system that would sound the reel as the backtender does."

After some preliminary experiments, the research team elected to try a rather simple concept based on measuring the nature of the indentation force exerted by reels of various degrees of hardness. Theoretically, if one passed a hard roll over a force-sensor, the resultant pressure trace on a graph would have a high peak and a narrow base, while a soft roll would show a low peak and a wide base. This is analogous to the different pressures experienced if one's toes were run over by a vehicle with pneumatic rubber tires or steel wheels of the same width.

Having eliminated a couple of rather obvious approaches to the problem, the team tested a design that had been proposed at an early stage — a force-sensor embedded in a disc wheel to be held against the rotating reel.

A two-button system was used initially; a system was later perfected which measured both peak force and total force with the same crystal. It gives the hardness ratio independent of the pressure of the wheel on the reel. With

this model it became possible to pass a prototype across the reel by hand and to record the hardness profile on an X-Y recorder. "The backtender," explains Dr. Walker, "evinced great interest and to our joy said it showed where the hard and soft spots were. But then they asked why anyone would go to all the trouble of developing a system to tell them something they already knew!"

The team then constructed a satisfactory traversing system to automatically move the hardness wheel across the full width of the reel. Two years of data collection and correlation followed. It emerged that manual sensing and adjustment of reel hardness was about 40 per cent effective, 40 per cent adequate, and 20 per cent poor. It was also found that most backtenders were either unable or unwilling to adjust the air nozzles on the basis of reading the hardness profile strip charts.

"We concluded that it was necessary to close the loop by automating the whole process," says Dr. Walker, "to optimize production of high-quality paper." This was accomplished with the support of a Department of Industry, Trade and Commerce Program for the Advancement of Industry Technology (PAIT) grant. The resulting commercial calendar stack control system has been patented and licensed to three major process control firms for world distribution.

"The economies obtained are from fewer rejected rolls and generally better performance in the press room, particularly for highly calendered grades of paper such as those used for color printing," says Dr. Walker. "It remains to be seen to what extent this new addition to papermaking technology will sweep the industry, but it is already being widely applied with some 16 systems either in operation or on order." □

Bruce Henry

Array of air nozzles blowing on calendar stack.

Soufflage de l'air sur les calendres.

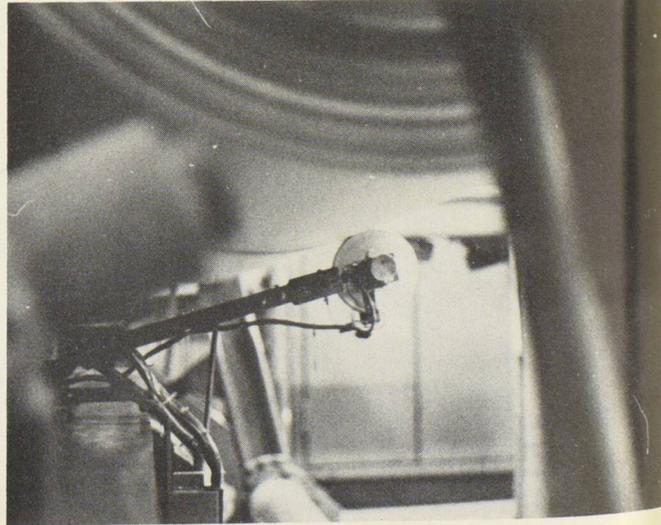
The hardness wheel and traversing mechanism on machine.

La roulette palpeuse et le mécanisme de chariotage.

Consolidated-Bathurst Limited



Consolidated-Bathurst Limited



Laissons la parole au Dr O.J. Walker, directeur de la recherche et des services techniques de la division pâtes et papiers de la Consolidated-Bathurst: "Cette opération serait très simple si l'aide-conducteur pouvait régler les différents jets d'air en vue d'obtenir un rouleau de dureté uniforme et ne pas se soucier du reste. Les choses ne se passent malheureusement pas ainsi avec les machines à papier. On peut les comparer aux premiers avions qui exigeaient une attention constante du pilote pour conserver leur trajectoire. L'aide-conducteur doit donc passer la plus grande partie de son temps à vérifier la dureté de la bobine mère en appliquant une méthode qui lui est propre pour régler les jets d'air et ainsi minimiser les variations. Savoir juger de la dureté de la bobine et contrôler cette dureté est un don que tout le monde ne possède pas et qui fait appel à un degré d'attention très élevé."

"Nous avons envisagé plusieurs dispositifs susceptibles de libérer l'homme de cette tâche et nous en étions assez satisfaits lorsque, en 1966, le CNRC nous a accordé une subvention dans le cadre de son Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI) grâce à laquelle nous avons pu réunir un groupe de chercheurs pour attaquer le problème. Les conditions attachées à cette subvention étaient d'étudier la tension instantanée et localisée dans la bande de papier en mouvement pour mettre au point une méthode de mesure et de régulation de la répartition des contraintes."

On y est parvenu assez facilement grâce à une adaptation de la technologie existante.

"Mais", de préciser le Dr Walker, "la véritable difficulté a été de mettre au point un système de détection qui sonderait la bobine à la manière de l'aide-conducteur."

Après quelques expériences préliminaires, les chercheurs ont décidé d'essayer un concept assez simple basé sur la mesure de la force d'indentation exercée par des bobines de différents degrés de dureté. Théoriquement, si l'on fait passer une bobine d'une certaine dureté sur un capteur de pression, le profil représentant cette pression sur un graphique aura une pointe élevée et une base étroite, alors qu'une bobine molle donnera une pointe peu élevée et une base large. On peut prendre comme analogie les différentes pressions ressenties par une victime hypothétique qui se ferait écraser les orteils par un véhicule muni de pneumatiques ou de roues d'acier de la même grosseur.

Après avoir écarté quelques méthodes d'attaque du problème plutôt évidentes, les chercheurs ont essayé un concept qui avait été proposé dès le début des recherches et faisant appel à un capteur de pression noyé dans une "rou-

lette palpeuse" mise en contact avec la bobine en mouvement.

Après avoir utilisé initialement un dispositif à deux boutons, on a mis au point un système permettant de mesurer la force de crête et la force totale avec le même cristal. Il permet d'obtenir le taux de dureté indépendamment de la pression exercée par la roulette sur la bobine. Avec ce modèle il devenait possible de balayer manuellement toute la largeur de la bobine avec une roulette prototype et d'obtenir un profil de dureté avec une traceuse à coordonnées X-Y. Écoutons encore le Dr Walker: "L'aide-conducteur a manifesté un grand intérêt et nous avons été heureux de l'entendre nous confirmer que le dispositif indiquait les zones dures et molles. Mais il n'en était pas moins étonné que quelqu'un prenne la peine de mettre au point un dispositif qui lui signalait quelque chose qu'il savait déjà!"

Les chercheurs ont ensuite construit un dispositif de chariotage assurant le déplacement automatique de la roulette palpeuse sur toute la largeur de la bobine. Après deux années d'accumulation et de corrélation de données, on a pu conclure que la méthode manuelle de contrôle et de réglage de la dureté de la bobine était efficace dans environ 40% des cas, adéquate également dans la proportion de 40% et insuffisante pour les 20% restants. On a également découvert que la plupart des aide-conducteurs ne voulaient ou ne pouvaient pas régler les jets d'air en se basant sur les variations de profil affichées par la traceuse et, de préciser le Dr Walker, "il nous est apparu nécessaire de fermer la boucle en automatisant l'ensemble du processus pour optimiser la production de papier de haute qualité". Le but a été atteint grâce à une subvention du Ministère de l'industrie et du commerce accordée dans le cadre de son Programme pour l'avancement de la technologie (PAIT). Le système de contrôle des calendres qui en a résulté a été breveté et trois importantes compagnies de contrôle des processus en assureront la distribution mondiale sous licence.

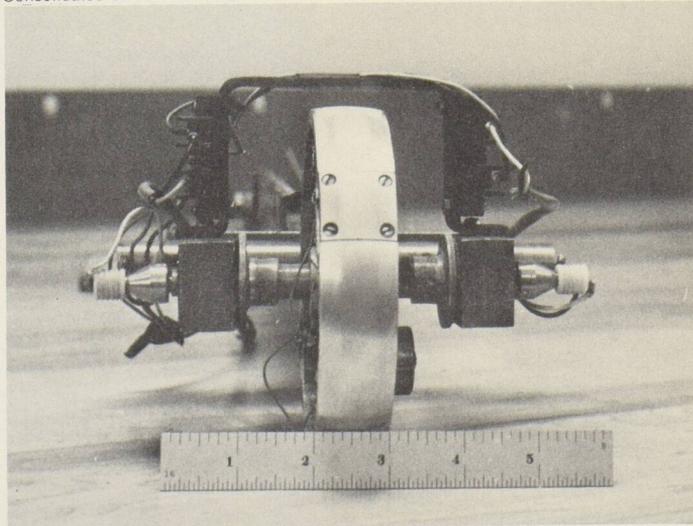
Laissons la conclusion au Dr Walker: "L'économie réalisée provient d'une diminution du nombre des rouleaux rejetés et d'un meilleur rendement général dans la salle des presses, notamment dans le cas des qualités de papiers ayant subi un calandrage poussé comme le papier servant aux impressions en couleur. Il reste encore à déterminer dans quelle mesure ce nouveau perfectionnement dans la technique de fabrication du papier sera adopté par l'industrie mais l'on peut d'ores et déjà dire qu'il est appliqué à environ 16 systèmes en service ou en commande." □

Texte français: **Claude Devismes**

La roulette palpeuse.

Consolidated-Bathurst Limited

Consolidated-Bathurst Limitée



The hardness wheel.

Scientific Criteria for Environmental Quality - Achievement for harmony

A body of scientific experts freed from constraints of legislation and enforcement of environmental standards share their concern for the balance of the environment. Publication of the findings of the Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality provides a firm basis upon which to design environmental law.

The anthropologist Claude Levi-Strauss observed that the notion of progress, and indeed the notion of an evolving historical time, is not recognized in many of the world's cultures. Technological societies, however, have developed side by side with the ideal of progress and capitalization of the environment. Such civilizations have produced modifications of the earth which rank second only to those of the coral polyps that constructed the Great Barrier Reef.

It is only within recent times that a new sensitivity to our position within nature has come about. For many, nature is no longer seen as an adversary to be overcome but as a complex set of relationships interconnected with society. It has been realized that while some natural processes are resilient, others are remarkably sensitive to intervention and, as the effects of perturbations of the environment unfold amongst the interlocking weave of nature, civilizations find themselves in the grip of a disastrous, and possibly irreversible, change.

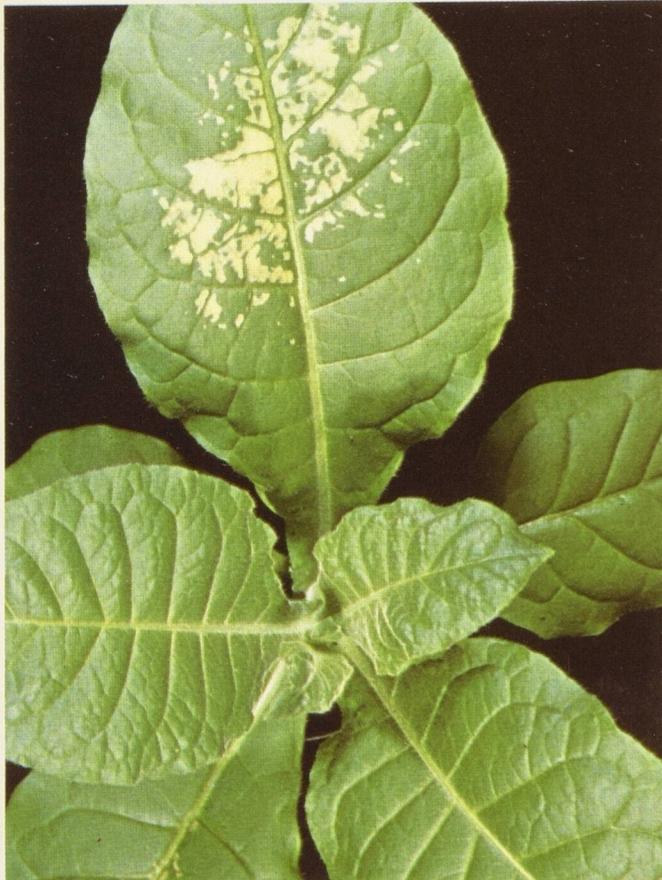
An immediate reaction to this realization is to minimize any intervention with nature, the extreme example of which is the proposal to return to a more "primitive" way of life. Such solutions to the problem are as dangerous as the cause and it is only through an understanding of the mechanisms and relationships of nature's processes,

which include the evolution of human societies, that beneficial conditions may come about. To this end, the legislator, from the international to the municipal level, who is concerned with the establishment of controls and standards for our interactions with the environment, must look for expert guidance. The National Research Council of Canada began to provide such guidance when, in 1970, it formed the Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality to collect, collate and publish scientific criteria on the environment. By means of such criteria, it becomes possible to make objective evaluations about the quality of the environment. In creating a scientific body free from the duties of legislation and enforcement of environmental standards, its members are able to concentrate solely on the scientific facts.

Committee members comprise scientists chosen from industry, universities and different levels of government across the country, under the chairmanship of Dr. L. Piché of the University of Montreal. An important arm of the Committee is its Secretariat, housed in the Council's Division of Biological Sciences, under Dr. I. Hoffman. The Committee is divided into various subcommittees whose interests include water, air, pesticides, heavy metals, biological and energy phenomena.

Environmental Secretariat, NRC

Secrétariat de l'environnement, CNRC



The effect of contaminants in the atmosphere is illustrated by damage to tobacco leaves. Lesions on the leaf are produced by nitrogen dioxide injury.

L'influence de polluants atmosphériques est illustrée par des dommages causés aux feuilles de tabac, ici, des lésions causées par le bioxyde d'azote.

Les critères scientifiques de l'environnement

On parvient à l'harmonie

Un groupe d'experts scientifiques échappant aux contraintes des lois et de la mise en application de ces lois partagent leur souci pour l'équilibre de l'environnement. La publication des résultats obtenus par le Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement fournit une base ferme sur laquelle les lois touchant l'environnement peuvent reposer.



L'anthropologue Claude Lévi-Strauss a observé que la notion de progrès et, en vérité, la notion d'un temps historique en évolution, n'est pas reconnue par de nombreuses civilisations. Toutefois, les sociétés technologiques se sont développées côte à côte avec l'idéal de progrès et de capitalisation de l'environnement. De telles civilisations ont produit des modifications de la terre qui ne sont dépassées que par les constructions comme celles des polypes coralliens qui ont bâti la Grande Barrière au large de l'Australie.

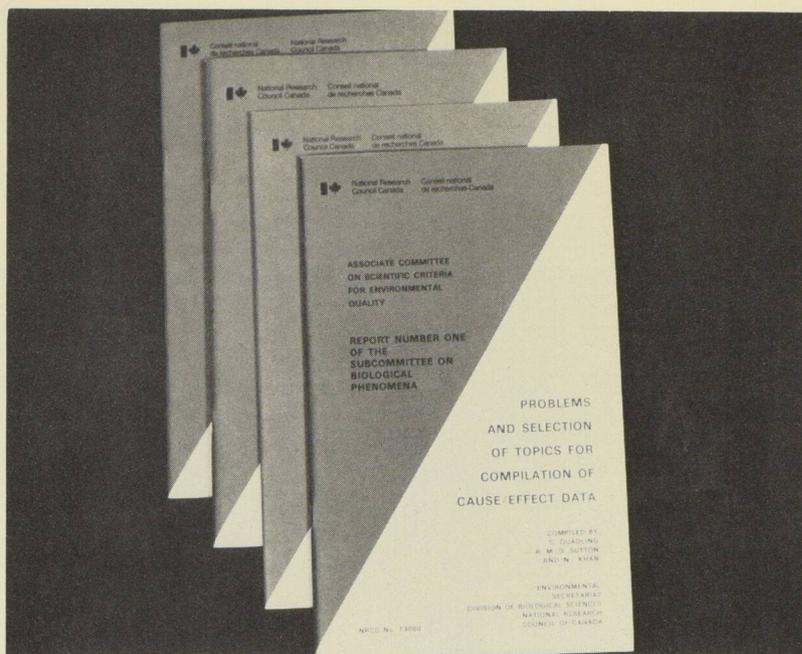
Ce n'est que récemment qu'il est apparu une nouvelle sensibilité concernant notre position dans le cadre de la nature. Pour beaucoup, la nature n'est plus vue comme un adversaire à maîtriser mais comme un ensemble complexe de relations incluant la société. On a réalisé que, quoique certains processus naturels soient peu influençables d'autres sont remarquablement sensibles à l'intervention des hommes et, à mesure que les effets des perturbations de l'environnement se manifestent dans l'ensemble complexe de la nature, les civilisations se trouvent cernées par des changements désastreux et peut-être irréversibles.

Une réaction immédiate est de minimiser toute intervention avec la nature, l'exemple extrême étant la proposition de retourner à une forme de vie plus "primitive". De telles solutions sont aussi dangereuses que la cause et c'est seulement en comprenant les mécanismes et les relations qui existent entre les processus de la nature, dont l'évolution des sociétés humaines, que des conditions bénéfiques peuvent naître. A cette fin, le législateur, du niveau international au niveau municipal, qui a pour mission d'établir des règlements et des normes se rapportant aux interactions avec l'environnement, doit rechercher l'avis des experts. Le Conseil national de recherches du Canada a commencé à

assurer un tel rôle de guide lorsque, en 1970, il a formé le Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement, afin de rassembler et de publier les critères scientifiques concernant l'environnement. Au moyen de tels critères, il devient possible de faire des évaluations objectives concernant la qualité de l'environnement. La création d'un groupe scientifique, n'ayant pas à s'occuper des questions législatives ou de la mise en application des normes sur l'environnement, a permis à ses membres de concentrer leurs efforts uniquement sur les faits scientifiques.

Les membres du comité comprennent des scientifiques choisis dans l'industrie, les universités et à différents niveaux de gouvernement d'un bout à l'autre du pays sous la présidence du Dr L. Piché, de l'Université de Montréal. Une partie importante du comité est son Secrétariat, dirigé par le Dr I. Hoffman, se trouvant au sein de la Division des sciences biologiques du conseil. Le comité est divisé en différents sous-comités qui étudient notamment l'eau, l'air, les parasitocides, les métaux lourds, la biologie et les phénomènes énergétiques.

L'une des activités les plus importantes du comité est de fournir aux corps législatifs une évaluation objective des dangers auxquels l'environnement peut être exposé. A cette fin, des monographies ont été écrites par des sous-comités d'experts en différents domaines. Comme exemple, citons celui qui se rapporte à un élément chimique particulier présent dans les eaux usées industrielles. Il est donc important, si l'on veut avoir une protection réaliste et applicable, de bien comprendre l'impact que cet élément peut avoir sur l'écologie.



One of the most important activities of the Committee is to provide the legislative bodies with an objective evaluation of potential dangers to the environment. To this end, a series of monographs have been written by subcommittees of experts in relevant fields. As an example, concern may be expressed that a particular chemical element is present in industrial effluent. It is therefore important, if realistic and enforceable safeguards are to be realized, that a full understanding of the impact of this element on the ecology be established.

In the simplest case, a direct cause and effect relationship between damage and concentration of the element in the effluent can be verified. However, most of the problems investigated by the Committee are more complex. To start, it must be determined how the element is ingested by the endangered organism. Uptake may be direct, from the water, or through consumption of food which consists of other organisms in which the element's concentration has already built up. In addition, retention and excretion rates must be established for various organisms. In certain cases, organic damage is not immediately apparent but manifested only after long exposure to low doses of contaminant, as is the case with lead or asbestos. In other cases, undesirable change is not directly observed in the organism during its lifetime but appears several generations later in offspring. Finally, causal chains may be subtly affected by other natural processes so that a level of contamination which is safe in one environment may be dangerous in another. Contaminants may also aggravate each others effects; for example, a safe level of cadmium proves to be hazardous when ingested along with low levels of mercury.

Preparation of a monograph therefore involves the gathering and analysis of all work published in the area. In order to facilitate the searching of myriads of scientific journals for relevant publications and to provide an environmental information service, a data base has been established at NRC's Canada Institute for Scientific and Technical Information. By means of computer storage and retrieval, it is now possible to make a rapid search for a specific item of information.

During the process of preparing scientific criteria, gaps in scientific knowledge may be exposed. Such gaps indicate areas in which adequate research has not been performed and part of the Associate Committee's mandate is to direct

attention to such areas. Funds have been made available to stimulate research by issuing a contract to a scientist in the particular area. In certain cases, an absence of research may indicate a lack of interest on the part of researchers or, alternatively, a lack of adequate funding, and the Committee's publications can be influential in rectifying this discrepancy.

The goal of the subcommittees' work lies in the preparation of criteria documents. To date, about 13 reports have been published whose titles include Detection and Inactivation of Enteroviruses in Water, the Effects of Pulp and Paper Wastes on Aquatic Life with Particular Attention to Fish and Bioassay Procedures for Assessment of Harmful Effects, Lead in the Canadian Environment, A Criteria Digest on Radioactivity in the Environment, Chlordane: Its Effects on the Canadian Ecosystem and its Chemistry, Photochemical Air Pollution: Formation, Transport and Effects. The reports are available within Canada to interested individuals, organizations and governments at all levels; there is also considerable international demand for these publications. At a recent international meeting of the Committee on the Challenges of Modern Society, the Associate Committee's monograph on Photochemical Air Pollution was circulated to all delegates.

In addition to exercising the responsibility for publication and distribution of monographs, Dr. Hoffman and his staff at the Secretariat receive several enquiries about the environment daily from within Canada and from international agencies. Through the service of the Committees' data bank, the relevant information is rapidly located and relayed to the enquirer. Dr. Hoffman makes every effort to establish contact between the enquiring organization and a Canadian scientist who is an expert in that particular field of knowledge.

Through the activities of the Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality, it becomes possible for experts in diverse fields to work together on an overview of nature and its response to humankind. It is by cooperation in this fashion, which must ultimately extend to the international level, that humankind may demonstrate another of its multiplicity of facets — the desire for harmonious involvement within nature and society. □

David Peat

on parvient à l'harmonie

Dans le cas le plus simple, on peut vérifier qu'il existe une relation directe de cause à effet entre la concentration de l'élément dans les eaux usées et les dommages. Cependant, la plus grande partie des problèmes étudiés par le comité est plus complexe. Il faut, pour commencer, déterminer comment l'élément est absorbé par l'organisme en danger. Cette absorption peut être directe, comme c'est le cas avec les eaux potables, ou indirecte en consommant une nourriture faite d'autres organismes dans lesquels la concentration de l'élément est déjà très élevée. De plus, la rétention et les taux d'excrétion doivent être établis pour différents organismes.

Parfois le dommage organique n'apparaît pas tout de suite et se manifeste plus tard après une longue exposition à de faibles doses de l'élément de contamination comme c'est le cas avec le plomb ou l'amiante. Dans d'autres cas, un changement indésirable n'est pas repéré dans l'organisme durant sa vie et n'apparaît qu'après plusieurs générations. Finalement, des chaînes fortuites peuvent être subtilement affectées par d'autres processus naturels, de sorte qu'un niveau de contamination qui est sans danger dans un environnement peut devenir dangereux dans un autre. La combinaison de produits de contamination peut aussi aggraver leurs effets individuels et c'est ainsi qu'un pourcentage sans danger de cadmium devient dangereux lorsque ce cadmium est absorbé avec du mercure même si ce dernier est en très faible proportion.

La préparation des monographies, en conséquence, implique que l'on rassemble et que l'on analyse tous les travaux publiés dans le domaine en question. Afin de faciliter la recherche de l'information dans des myriades de journaux scientifiques pour y trouver les renseignements intéressants et pour assurer un service d'information sur l'environnement, une base de données a été établie à l'Institut canadien de l'information scientifique et technique du CNRC. Grâce à l'ordinateur on peut maintenant stocker et retrouver rapidement un renseignement donné.

Au cours du processus de préparation des critères scientifiques, on a montré qu'il existe des lacunes dans les connaissances scientifiques. De telles lacunes indiquent des domaines dans lesquels on n'a pas fait de recherches adéquates et la mission du comité associé est, en partie, de diriger l'attention sur de tels domaines. Des fonds ont été mis à la disposition du comité pour stimuler la recherche au moyen de contrats accordés à un chercheur d'un domaine particulier. Dans certains cas, le fait que l'on n'a pas fait de

recherches peut indiquer un manque d'intérêt de la part des chercheurs ou un système de financement inadéquat ou inapproprié; les publications du comité peuvent être de grande influence pour rectifier cette lacune.

Les travaux des sous-comités ont pour but d'arriver à la préparation de documents concernant les critères. Environ 13 rapports ont été publiés à ce jour et leurs titres comprennent: "Détection et inactivation des entérovirus dans l'eau", "L'effet des déchets de pâtes et papiers sur la vie aquatique, en portant une attention particulière aux poissons et aux méthodes de tests témoins employées pour mesurer les effets nuisibles", "Le plomb dans l'environnement canadien", "Un résumé de critères sur la radioactivité dans l'environnement", "Le chlordane: ses effets sur l'écosystème canadien et sa chimie" et "La pollution photochimique de l'air: sa formation, son transport et ses effets". Les rapports sont maintenant disponibles au Canada pour toutes les personnes intéressées, les organismes et les gouvernements à tous les niveaux; la demande internationale pour ces publications est aussi considérable. A une conférence internationale récente du Comité examinant "Les défis de la société moderne", les monographies du comité associé sur la pollution photochimique de l'air ont été mises en circulation parmi tous les délégués.

Tout en étant responsable des publications et de la diffusion des monographies, le Dr Hoffman et ses collaborateurs du Secrétariat reçoivent quotidiennement plusieurs demandes de renseignements sur l'environnement. Les questions concernant l'environnement proviennent de Canadiens et d'organismes internationaux. Grâce au service de la banque de données du comité, l'information pertinente est rapidement détectée et envoyée au demandeur. Le Dr Hoffman fait tout son possible pour établir des contacts entre les organismes demandeurs et les experts canadiens.

Grâce aux activités du Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement, il devient possible que des experts en différents domaines travaillent ensemble sur les problèmes liés à la nature, en général, et à la réponse de celle-ci aux actions de l'homme. C'est en coopérant de cette manière, coopération qui doit être en fin de compte étendue au niveau international, que l'homme peut mettre en évidence une autre de ses nombreuses qualités, à savoir le désir de travailler en harmonie avec la nature et avec la société. □

Texte français: **Louis-George Desternes**

Michael Bedford, Ottawa



Coordination of the Committee's activities from the definition of areas of interest to distribution of printed monographs, is ultimately the responsibility of the secretary, Dr. I. Hoffman. In addition, as Head of the Environmental Secretariat, Dr. Hoffman receives enquiries concerning environmental criteria from both national and international groups.

La coordination des activités du comité, de la définition des domaines d'intérêt à la diffusion des monographies imprimées, est ultimement la responsabilité du secrétaire, le Dr I. Hoffman. De plus, en tant que chef du Secrétariat de l'Environnement, le Dr Hoffman reçoit des demandes, émanant de groupes nationaux et internationaux, concernant les critères de l'environnement.

Cover: The Canadair CL-215 multi-purpose amphibious aircraft in action in its forest fire-fighting role. In view of the widespread use of planes in both agricultural and forestry aviation, the National Research Council set up an Associate Committee which now monitors international technological development and utilization of aircraft employed in these operations. (Story page 4). Below: Canadair's CL-215 undergoes performance and stability tests during the design stage in the early sixties in NRC's six-foot by nine-foot wind tunnel. Photographs: courtesy Canadair Limited, Montreal.

Notre couverture: L'avion amphibie Canadair CL-215, à missions multiples, lutte contre un feu de forêt. Du fait que les avions servent de plus en plus dans l'agriculture et en sylviculture, le Conseil national de recherches a créé un comité associé qui dirige maintenant le développement technique international et l'utilisation des aéronefs employés dans ces domaines (voir notre article p. 5). Ci-dessous: le Canadair CL-215 dans la soufflerie de 6 x 9 pieds du CNRC; c'était au début des années '60 lorsque l'on étudiait l'avion en soufflerie pour déterminer les performances et les caractéristiques de stabilité (photographies de Canadair Ltée, Montréal).

