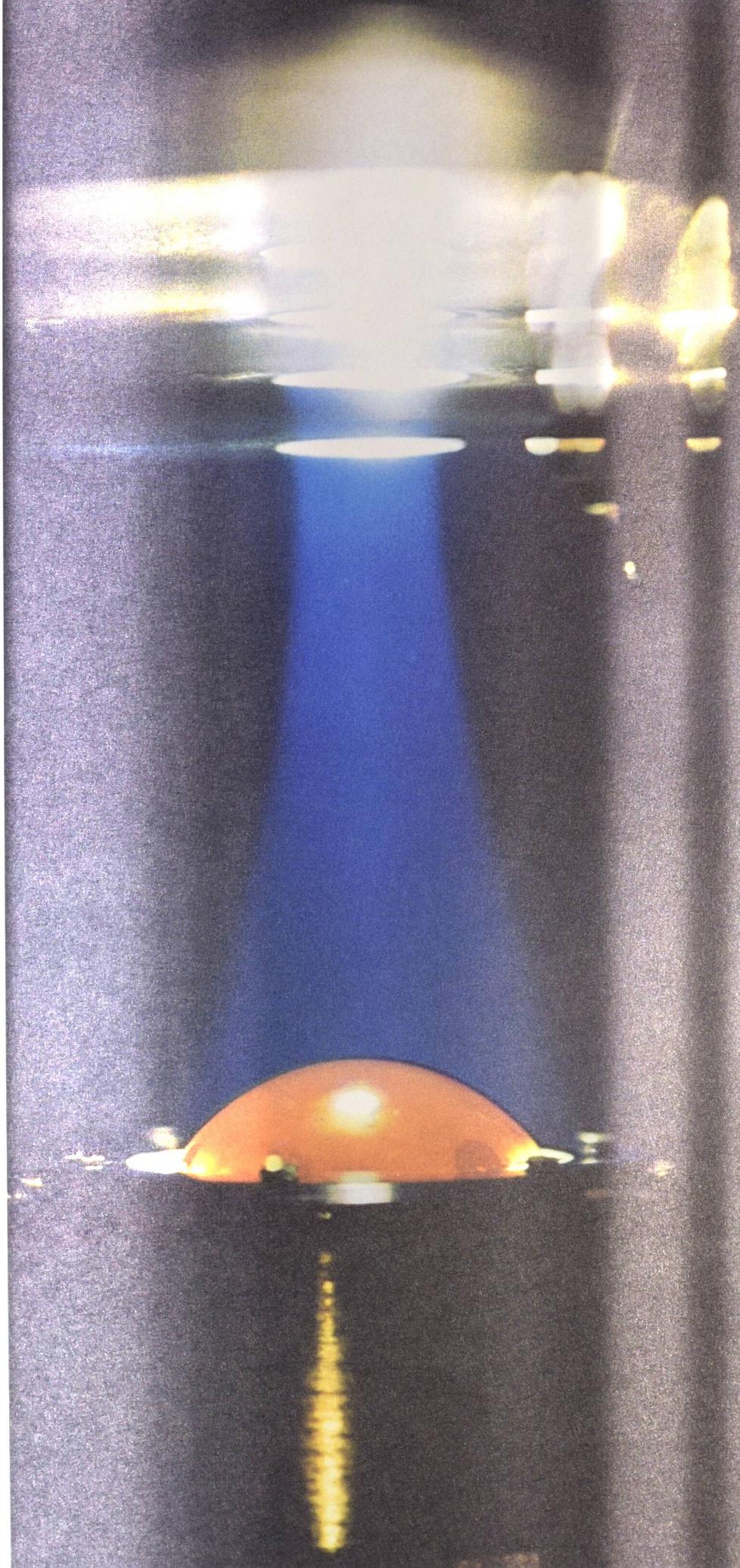
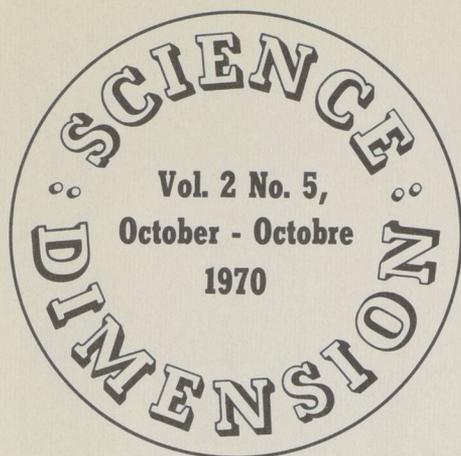


**SCIENCE
DIMENSION**

Vol. 2 No. 5,
October - Octobre
1970



National Research Council of Canada
Conseil national de recherches du Canada



Cover photograph: Ion bombardment cleansing of a hot nickel surface during analysis by electron diffraction and X-ray emission. By Bruce Kane, NRC. Background photo, pages 2-3 by Jacques Labrecque, Department of Energy, Mines and Resources.

Notre couverture: Nettoyage par bombardement ionique d'une surface lors de l'analyse par émission de rayons X et diffraction d'électrons. Par Bruce Kane, CNRC. Photographie du fond des pages 2 et 3 par Jacques Labrecque du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources.

CONTENTS - SOMMAIRE

-
3. Kinship with the stars
3. Le monde mystérieux des étoiles
-
11. "Birdproofing" aircraft
11. Les avions et les oiseaux
-
16. Cutting tool of the future?
17. Couteau de l'avenir?
-
20. Jekyll and Hyde electrons
20. L'électron à deux visages
-
28. Radar and ligneous gold
29. Un nouvel altimètre radar
-

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

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

Téléphone: (613) 993-9101.

Managing Editor/Directeur —
René Montpetit

Editor/Rédacteur en chef —
John E. Bird

Design/Arts graphiques —
Robert Rickerd

Photography/Illustrations —
Grant Crabtree, Bruce Kane

Writing/Textes — Georges Desternes,
Claude Devismes, Arthur Mantell,
Earl Maser, Joan Powers Rickerd

Production/Édition — Alex Maton

Astronomy — mother of the sciences — existed in the earliest civilizations when man marked the passage of time by the sun and the stars. Although the Greek Thales is considered its early founder, Hipparchus, another Greek of the 2nd century B.C., laid the basis for future work when he charted the location of the stars and planets. Ptolemy, Copernicus, Galileo, Kepler, Newton — all lent their genius to the field. Today, astronomy benefits from research in nuclear physics and from observations made by satellites beyond the atmosphere of the earth.

(cont'd)

L'astronomie, mère des sciences, est vieille comme le monde puisque l'homme s'en servait pour mesurer le temps. Bien que Thalès soit considéré comme le père de l'astronomie, c'est Hipparque qui a établi la première carte du ciel. Plus tard, Ptolémée, Copernic, Galilée, Kepler, Newton et Laplace ont été parmi les principaux artisans des progrès en astronomie. Actuellement, les recherches bénéficient des connaissances acquises en physique nucléaire et de celles que donnent les observations par satellites et sondes spatiales.

NRC scientists form closer Kinship with the stars

In Canada, the early history of astronomy was associated with requirements in a new land to determine accurate lines of latitude and longitude. Records exist of partial solar eclipses being observed by the Jesuits in Quebec as early as 1670 and also describe several bright comets observed from Quebec City. The first astronomical observatory in this country was founded in Fredericton, New Brunswick, in 1851 for the primary purpose of determining latitude and longitude. Other small observatories were built at Quebec City in 1854, at Kingston in 1875, and at McGill University in 1879.

Participation in astronomy by the government of Canada dates to 1885 when the first modern longitude surveys were undertaken to define lands involved in railway construction in British Columbia. In order to survey the railway belt and link it to prairie sections, latitudes and longitudes of certain points within the area had to be determined astronomically. During the course of this work, the importance of having a fixed observatory for setting up and adjusting instruments was realized. Dr. William Frederick King, astronomer and mathematician, then Chief Inspector of Surveys, persuaded the Department of the Interior (responsible for surveys, mapping and the definition of international and interprovincial boundaries) to erect a small temporary building for this purpose on his own property in Ottawa. His continual urging for a permanent observatory finally paid off in 1900, when \$16,000 in government estimates was set aside for an observatory to be built on the grounds of the Experimental Farm in Ottawa. But costs escalated even then. Total expenditure for the Dominion Observatory, completed in 1905, was \$310,000!

Dr. King, who had succeeded in inaugurating the era of modern astronomical research in Canada, became the first Chief Astronomer. He and his staff not only organized the basic time, meridian circle and positional astronomy programs, but also inaugurated basic research on solar and stellar astrophysical programs that have continued to the present day. The Observatory began work in seismology, and later in gravity and magnetic geo-

physical research that has become internationally recognized.

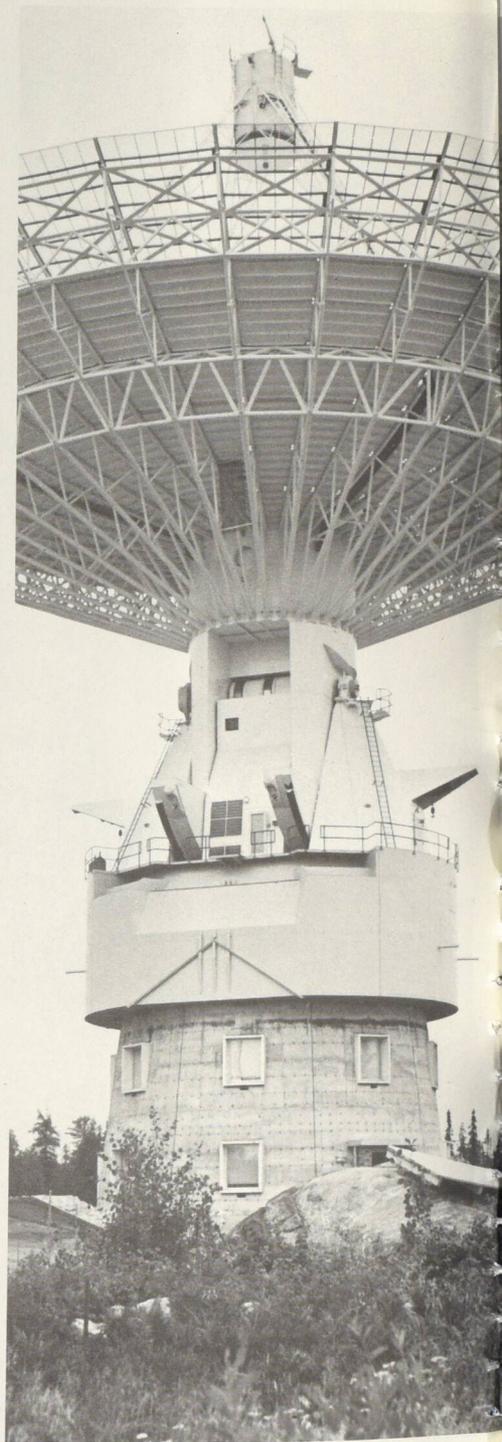
So impressed was the Government with the world-wide reputation that Canadian astronomy had received that in 1918 it established the Dominion Astrophysical Observatory near Victoria in British Columbia. At the time of completion, the west coast telescope, 72 inches in aperture, was the largest in the world. Following establishment of this Observatory, most of the work in stellar spectroscopy was transferred to Victoria. The Dominion Observatory continued activity in positional astronomy and solar spectroscopy and expanded the time service.

Entry of the National Research Council of Canada into astronomical research grew out of the realization that the technical knowledge and equipment built up within its laboratories as a result of radar work during the Second World War could be readily used to obtain radio astronomical data. In 1946, NRC's Radio and Electrical Engineering Division began investigation of radio emissions from the sun with a small radio telescope located near Ottawa. Thus began an uninterrupted series of daily observations of solar flux at 10.7 centimetres which has been used throughout the world as a basic index of solar activity.

Realizing the rapid advances being made through the use of radio techniques in furthering astronomical knowledge, the Dominion Observatory established the Dominion Radio Astrophysical Observatory near Penticton, British Columbia in 1960.

Two years later, because of increases in radio interference, NRC's solar program was relocated at the Algonquin Radio Observatory, near Lake Traverse in Ontario's Algonquin Park. Success in solar observations spurred interest within NRC's Radio and Electrical Engineering Division in other aspects of radio astronomy. A parabolic radio telescope, 10 meters (33 feet) in diameter for galactic and extragalactic studies was put into operation at Algonquin Park in 1963, and a new telescope, 46 meters (150 feet) in diameter was brought into operation in 1966. In terms of performance at centimeter wavelengths, this telescope is the finest in the world.

(Continued)



NRC's 150-foot radio telescope at Algonquin Park (above), used by the Council and university astronomers to perform advanced astrophysical investigations. Right: the Dominion Radio Astrophysical Observatory's 84-foot telescope at Penticton, B.C., where notable contributions have been made in hydrogen-line and low frequency observations.

Nos savants de plus en plus fascinés par Le monde mystérieux des étoiles



A gauche: le radio-télescope de 150 pieds (45 m.) du parc Algonquin. En haut: le radio-télescope de 84 pieds (25,2 m.) de l'Observatoire fédéral d'astrophysique de Penticton, en Colombie britannique.

Au Canada, pays neuf, l'histoire de l'astronomie est liée au besoin de connaître avec précision les longitudes et les latitudes. Dès 1670, les Jésuites ont observé et décrit des éclipses partielles du soleil ainsi que plusieurs comètes très brillantes au-dessus de Québec. C'est à Fredericton, au Nouveau-Brunswick, que fut construit le premier observatoire dans le but principal de déterminer des longitudes et des latitudes. Plus tard, on en a construit d'autres plus petits à Québec, en 1854, à Kingston, en 1875 et à l'Université McGill en 1879.

Le gouvernement canadien a commencé à encourager l'astronomie en 1885, date à laquelle les premières mesures de longitude par des méthodes modernes ont été faites pour déterminer le tracé précis de chemins de fer en Colombie britannique. Ces études étaient très importantes car elles visaient à assurer une bonne jonction entre les différents tronçons de la ligne de chemin de fer en construction dans les Prairies et en Colombie britannique. C'est au cours de ces travaux que l'on a constaté qu'il serait d'une grande utilité de disposer d'un observatoire permanent de référence pouvant servir au calage et à l'étalonnage des instruments. Le Dr William Frederick King, astronome et mathématicien, alors inspecteur en chef des relevés topographiques a réussi à faire construire un petit observatoire temporaire sur sa propriété d'Ottawa par le Ministère de l'intérieur alors chargé des relevés, de la cartographie et de l'établissement des frontières internationales et interprovinciales. Enfin, en 1900, à la suite de demandes répétées du Dr King, le gouvernement fédéral a décidé de consacrer une somme d'environ \$16 000 à la construction d'un observatoire sur le terrain de la Ferme expérimentale à Ottawa. Déjà à cette époque les coûts réels ont dépassé de beaucoup les prévisions puisque le coût total de l'Observatoire fédéral, terminé en 1905, se chiffra à \$310 000!

Le Dr King, véritable pionnier de l'astronomie au Canada, fut nommé directeur de l'Observatoire. Assisté de son équipe, il a étendu au Canada l'usage du Temps des Ephémérides, déterminé l'emplacement des méridiens, établi des programmes de détermination astronomique des lieux et

entrepris les études fondamentales figurant aux programmes d'astrophysique solaire et stellaire, programmes qui sont toujours en cours. L'Observatoire a aussi commencé des recherches en sismologie, sur la gravité et le magnétisme géophysique, travaux qui ont été reconnus universellement.

Le Gouvernement, très impressionné par la renommée mondiale des astronomes canadiens, a décidé en 1918 de construire l'Observatoire fédéral d'astrophysique, près de Victoria, en Colombie britannique. Son télescope, de 72 pouces (1,83 m), était alors le plus puissant du monde. Par la suite, on s'y est livré à la plupart des travaux de spectroscopie stellaire tout en continuant les recherches sur la détermination astronomique des lieux et en spectroscopie solaire et enfin en développant le Service canadien de l'Heure.

La participation du CNRC aux recherches en astronomie est due au fait que les connaissances techniques de ses chercheurs et l'équipement de ses laboratoires, à la suite de leurs travaux sur les radars pendant la Deuxième guerre mondiale, pouvaient être immédiatement applicables à la radio-astronomie. Les premières études sur les radio-émissions solaires furent effectuées en 1946 par la Division de radio et d'électrotechnique au moyen d'un petit radiotélescope situé près d'Ottawa. C'est alors qu'on a commencé une série d'observations quotidiennes du flux solaire sur 10,7 centimètres de longueur d'onde et les données obtenues ont permis de constituer les références utilisées encore aujourd'hui dans le monde entier.

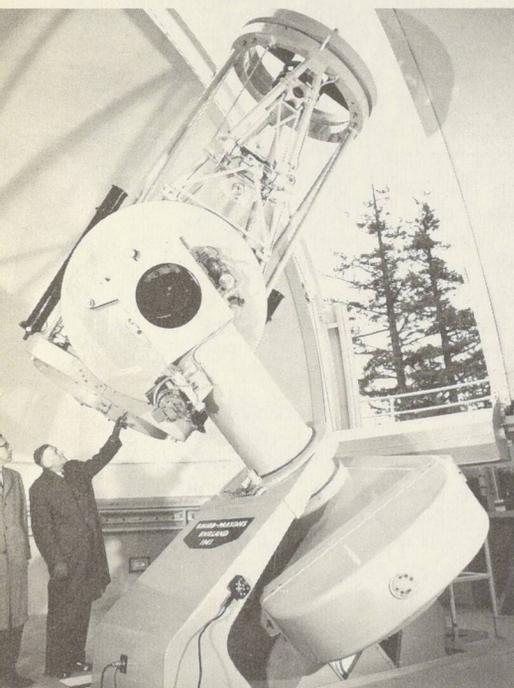
Afin de pouvoir contribuer aux progrès rapides en astronomie, grâce aux techniques radio, on a construit en 1960 l'Observatoire fédéral de radio-astronomie, près de Penticton, en Colombie britannique.

En raison d'interférences radio de plus en plus fréquentes, le CNRC a décidé deux ans plus tard de poursuivre son programme à l'Observatoire de radioastronomie d'Algonquin, près du Lac Traverse, en Ontario. Les observations solaires ayant été fructueuses, les chercheurs de la Division de radio et d'électrotechnique se sont intéressés à d'autres domaines de la



The mounting of the 72-inch reflecting telescope (above) at the Dominion Astrophysical Observatory, Victoria, B.C., permits it to be directed to almost any part of the sky. To follow a star, the telescope is driven by the clock mechanism just beneath the big wheel. Motors which move the 45-ton telescope are controlled from the movable console, foreground. The Observatory's 48-inch telescope (below) is equipped with modern, powerful spectrographs considered the most efficient in the world.

En haut: le télescope optique de 72 pouces (1,8 m.) et de 45 tonnes à l'Observatoire fédéral de Victoria, en Colombie britannique; il permet d'observer presque tous les points du ciel et un système d'horlogerie rend possible l'observation continue d'un point donné. Il est mis en mouvement par des moteurs dont les commandes sont placées sur le pupitre au premier plan. En bas: le télescope de 48 pouces (1,22 m.) dont les spectrographes sont considérés comme les meilleurs du monde.



kinship with the stars

Facilities at Algonquin are available to all Canadian scientists and a wide range of research programs has begun.

After the war, the Dominion Observatory began a photographic study of meteors and meteor spectra and established the Meanook and Newbrook Meteor Observatories in Alberta. At the same time, NRC's Radio and Electrical Engineering Division undertook an investigation of meteors by radar methods and in 1955, following the formation of the Upper Atmosphere Research Section, built the Springhill Meteor Observatory near Ottawa. Beginning with the International Geophysical year in 1957, radar observations have been on a continuous basis, supplemented by visual and spectrographic observations. Over 10 million meteors have been recorded. The aim of this research is to learn more about the physical reactions that take place in the earth's upper atmosphere and to study various properties of the small, solid particles which exist in interplanetary space.

The decade of the sixties produced what is probably the most extensive study of scientific research activities ever undertaken in Canada. Committees set up by the federal government examined science policies and programs in disciplines both pure and applied. In 1969 a special committee of the Science Council of Canada carried out a broad general study of the place of astronomy in modern science, of Canada's role in this field, and of how astronomical activities could best be distributed between government, the universities, and industry.

The Committee endorsed previous recommendations of the Glassco Commission for consolidation of government radio and optical astronomy under the same administrative authority. On 1 April, 1970, the Honorable C. M. Drury, Minister responsible for NRC, and the Honorable J. J. Greene, Minister of Energy, Mines and Resources, to whom the Dominion Observatory reported, announced the consolidation of all federal government astronomy under the National Research Council of Canada. This decision was prompted primarily by two

considerations — the strong background of the National Research Council in applied science, and the desirability of having all federal government astronomy under a single direction.

The geophysical research programs which formed the major part of the activities of the Observatories Branch of the Department of Energy, Mines and Resources, are continuing, but the Branch has been renamed the Earth Physics Branch.

Involved in the transfer was the time service of Canada which is now the responsibility of the Time and Frequency Section of NRC's Division of Physics, which has for many years been engaged in frequency standards work. As a result, a radio announcement familiar to most Canadians — "the Dominion Observatory Official time signal" — broadcast since 1923 — now has become "the National Research Council official time signal". This 1 p.m. E.S.T. official time signal, broadcast daily by the English and French networks of the CBC, is used to set time-pieces in tens of thousands of Canadian homes and is used widely in business and industry. The Time and Frequency Section now houses and maintains all of Canada's time and frequency standards. The Section also is responsible for the operation of three short-wave transmitters which broadcast Canada's official time signal to all parts of the world.

All other activities transferred from the Observatories Branch have been combined with existing NRC programs in a new branch called the Astrophysics Branch. This branch, headed by Dr. J. L. Locke, Associate Director of the Council's Radio and Electrical Engineering Division, has, in effect five sections: the Dominion Astrophysical Observatory, Victoria, B.C., the Dominion Radio Astrophysical Observatory, Penticton, B.C., the Algonquin Radio Observatory, Lake Traverse, Ontario, and the Radio Astronomy and Upper Atmosphere Research Sections in Ottawa.

The meteor program of the Dominion Observatory in Ottawa and the new Meteorite Observation and Recovery Project (MORP), a network of photographic stations with headquarters in Saskatoon, come under the

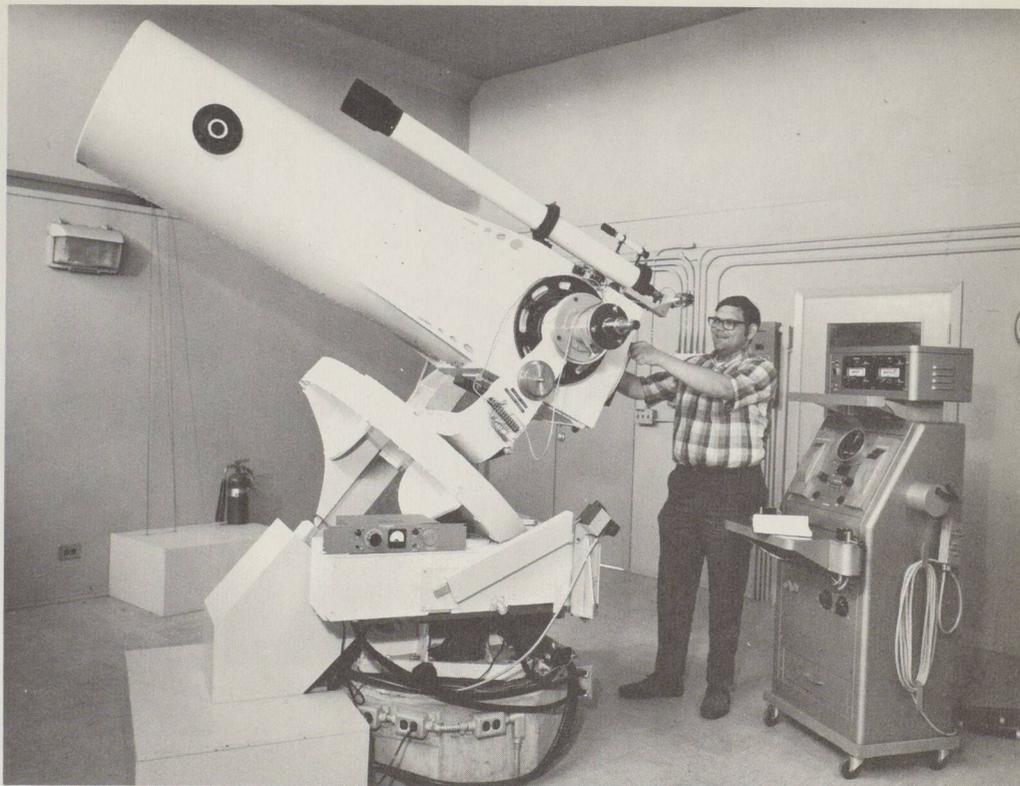
(Continued)

le monde des étoiles...

radioastronomie. Un radiotélescope parabolique de 10 mètres (33 pieds) de diamètre a été mis en service dans le parc Algonquin, en 1963, pour des études galactiques et extragalactiques et, en 1966, on a construit un nouveau télescope de 46 mètres (150 pieds) de diamètre. Ce dernier est actuellement le meilleur télescope du monde dans la gamme des ondes centimétriques. L'Observatoire d'Algonquin est ouvert à tous les chercheurs canadiens.

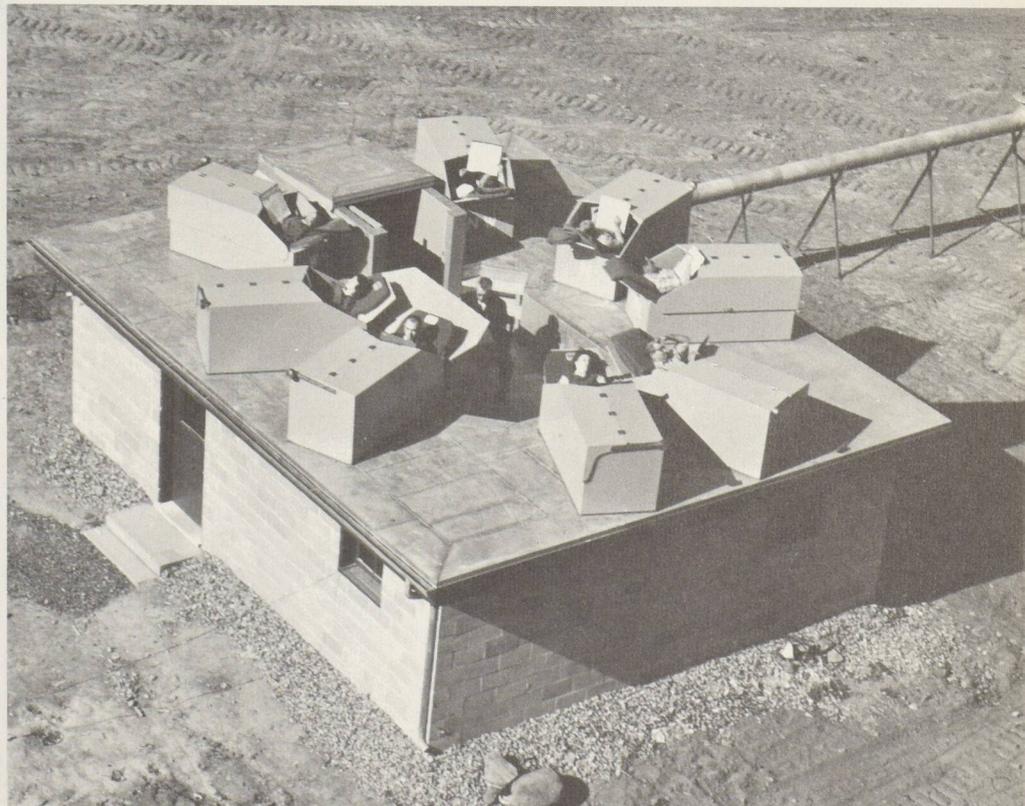
Ce n'est qu'après la Deuxième guerre mondiale que l'Observatoire fédéral a commencé une étude photographique des météores et une détermination des spectres caractérisant ces météores. Ces études ont été élargies grâce à deux nouveaux observatoires, à Meanook et à Newbrook, en Alberta. A la même époque, la Division de radio et d'électrotechnique du CNRC a commencé à étudier les météores au radar et, en 1955, à la suite de la création de la Division de recherches sur la haute atmosphère, on a construit l'Observatoire de Springhill, près d'Ottawa. L'Année géophysique internationale de 1957 a marqué les débuts des observations permanentes au radar, complétées par des observations visuelles et spectroscopiques. Depuis lors, on y a observé plus de dix millions de météores. L'objet de ces recherches est d'en savoir davantage sur les phénomènes physiques de la haute atmosphère et d'étudier les propriétés des petites particules de l'espace interplanétaire.

C'est dans les années soixante que les études les plus étendues ont commencé dans la recherche scientifique. Des comités créés par le gouvernement fédéral ont examiné les buts et les programmes des chercheurs en sciences pures et appliquées. En 1969, un comité spécial du Conseil des sciences du Canada a procédé à une étude générale sur la place qu'occupe l'astronomie dans les sciences modernes, sur le rôle que doit jouer le Canada dans ce domaine et sur la meilleure manière de répartir les travaux entre les organismes du gouvernement fédéral, les universités et les laboratoires industriels.



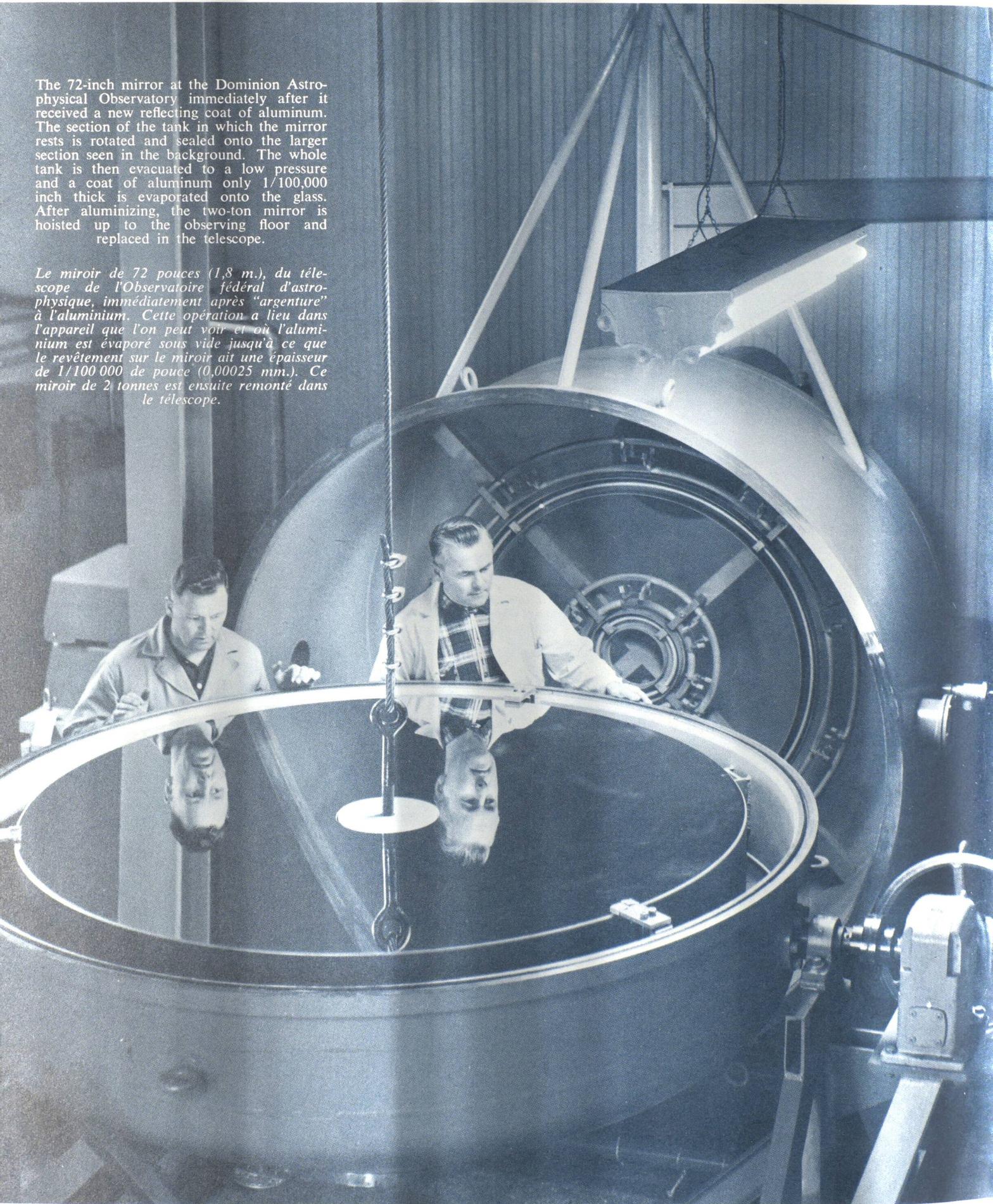
En haut: le télescope de 16 pouces (0,4 m.), de l'Observatoire fédéral d'astrophysique; on l'adapte, malgré son faible diamètre, à la mesure précise de la lumière stellaire. En bas: la station d'observation de météores à Springhill, dans l'Ontario. On y dispose de 8 postes d'observation couvrant tout le ciel; le chronomètreur est au centre. Ces postes sont chauffés au mazout en hiver.

The 16-inch telescope (above) of the Dominion Astrophysical Observatory is being adapted to the accurate measurement of the light of the stars. Below: NRC's station for visual observation of meteors at Springhill, Ontario. Eight observing positions cover the sky in a uniform pattern with the timekeeper's position at the center.



The 72-inch mirror at the Dominion Astrophysical Observatory immediately after it received a new reflecting coat of aluminum. The section of the tank in which the mirror rests is rotated and sealed onto the larger section seen in the background. The whole tank is then evacuated to a low pressure and a coat of aluminum only 1/100,000 inch thick is evaporated onto the glass. After aluminizing, the two-ton mirror is hoisted up to the observing floor and replaced in the telescope.

Le miroir de 72 pouces (1,8 m.), du télescope de l'Observatoire fédéral d'astrophysique, immédiatement après "argenterie" à l'aluminium. Cette opération a lieu dans l'appareil que l'on peut voir et où l'aluminium est évaporé sous vide jusqu'à ce que le revêtement sur le miroir ait une épaisseur de 1/100 000 de pouce (0,00025 mm.). Ce miroir de 2 tonnes est ensuite remonté dans le télescope.



le monde des étoiles...

Le Comité a appuyé les recommandations antérieures faites par la Commission Glassco, sur l'unification sous une même autorité administrative des installations de radioastronomie et d'astronomie optique. Le 1^{er} avril 1970, l'Honorable C. M. Drury, ministre dont dépend le CNRC et l'Honorable J. J. Greene, ministre de l'énergie, des mines et des ressources, dont dépendait l'Observatoire fédéral, ont annoncé l'unification de tous les observatoires fédéraux sous la responsabilité du CNRC. On a pris cette décision surtout en raison de la grande expérience du CNRC en sciences appliquées et des avantages résultant d'une direction unique pour tous les observatoires.

Les recherches en géophysique, qui constituent la principale activité de la Division des observatoires du Ministère de l'énergie, des mines et des ressources, se poursuivent. Cette division s'appelle maintenant Division de physique de la Terre.

Depuis lors, le Service canadien de l'Heure est placé sous la responsabilité de la Section de l'heure et des fréquences, de la Division de physique du CNRC, qui travaille depuis plusieurs années à l'établissement d'un étalon de fréquence. Une annonce parlée, donnant l'heure normale de l'est peut être écoutée tous les jours à treize heures sur les réseaux français et anglais de Radio-Canada. Elle règle les horloges dans des dizaines de milliers de foyers canadiens et sert largement dans l'industrie et le commerce. La Division possède et garde en ordre de marche tous les étalons de fréquence du Canada. Elle a aussi la charge du fonctionnement de trois émetteurs à ondes courtes qui diffusent le signal horaire officiel du Canada aux quatre coins du globe.

Les autres travaux de la Direction des Observatoires ont été ajoutés à ceux du CNRC et cette direction s'appelle maintenant Direction d'astrophysique. Elle est dirigée par le Dr J. L. Locke, directeur adjoint de la Division de radiotechnique et d'électrotechnique et elle comprend cinq sections: l'Observatoire fédéral d'astrophysique de Victoria et celui de radio astrophysique de Penticton, en Colombie britannique, l'Observatoire de radioastronomie d'Algonquin, dans l'Ontario, et les Sections de recherches en radioastronomie et en haute atmosphère, à Ottawa.

Cette dernière section est également chargée de différents programmes comme celui touchant les observations de météores par l'Observatoire fédéral d'Ottawa, le nouveau programme d'observation et de récupération des météorites (PORM) et le réseau de stations photographiques dont le siège est à Saskatoon. Quand ces stations seront terminées, les douze caméras du PORM, dispersées dans les Prairies, pourront filmer les météores brillants et autres "boules de feu", et l'on essaiera de ramasser le plus vite possible tout objet tombé du ciel, météorites compris. Leurs recherches étant terminées, les observatoires de météores à Meanook et à Newbrook ont été fermés en attendant leur transfert.

Un autre projet confié au CNRC consiste à créer un observatoire d'optique solaire dans la baie de Shirley, à l'ouest d'Ottawa. Ce site a été soigneusement choisi à cause de ses excellentes conditions d'observation diurne. Le télescope spécial qui y sera installé permettra de faire des études détaillées des structures délicates de l'atmosphère solaire.

L'Observatoire fédéral d'astrophysique de Victoria fait maintenant partie du CNRC. L'Observatoire possède deux télescopes principaux, l'un de 1,83 m (72 pouces) et l'autre, tout nouveau, de 1,22 m (48 pouces) équipé d'un puissant spectrographe considéré comme le plus efficace au monde. Ces instruments permettent de mesurer avec précision les vitesses radiales et les intensités d'étoiles énormes et particulières, des Novae, des systèmes binaires, etc. Les spectrographes du télescope de 48 pouces sont si puissants que les spectrogrammes de forte dispersion peuvent être obtenus aussi vite qu'avec le télescope de 200 pouces du Mont Palomar.

On vient d'y terminer un nouvel atelier d'optique où l'on pourra faire le miroir de 73 pouces (1,86 m), à très faible coefficient de dilatation, devant remplacer le miroir actuel en verre ordinaire en service depuis 50 ans.

Cet observatoire est aussi chargé du télescope de 16 pouces du Mont Kobau, en Colombie britannique, où l'on fait des observations photométriques.

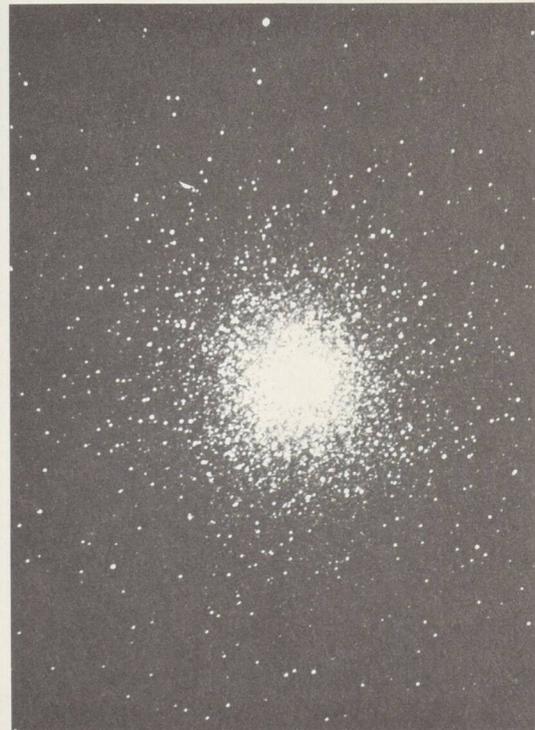
Finalement, l'Observatoire fédéral de radioastrophysique de Penticton, en Colombie britannique et dont les savants ont fait des travaux remarquables notamment sur la ligne de l'hydrogène et en basses fréquences, a été aussi rattaché au CNRC.

S/D



En haut: la grande nébuleuse d'Orion, à 1 300 années-lumière de la Terre, montre bien que l'espace interstellaire n'est pas vide. En bas: l'amas globulaire M 13 de la constellation Hercule; il est à 34 000 années-lumière de la Terre et il contient des dizaines de milliers d'étoiles.

The great nebula in the constellation Orion (above), about 1,300 light-years away, is one of the most direct pieces of evidence for the existence of matter between the stars. Globular cluster M 13 in the constellation Hercules (below), contains tens of thousands of stars and is situated about 34,000 light-years away.



Upper Atmosphere Research Section. When completed, MORP will consist of 12 camera stations scattered over the prairie provinces to record bright meteors and fireballs with the primary aim of rapid recovery of fallen objects (meteorites). Since their observing programs had been completed, the Meanook and Newbrook Meteor Observatories were closed down prior to the transfer.

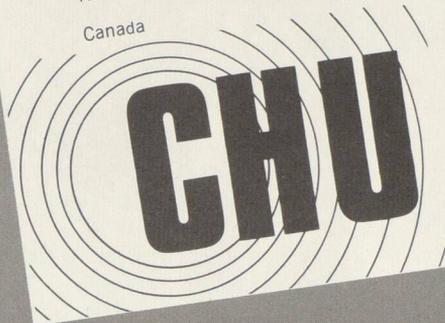
Another new project for which NRC now has assumed responsibility is the establishment of an optical solar observatory at Shirley Bay, west of Ottawa, on a site which has been carefully selected for its excellent daytime observing conditions. The specially designed telescope to be installed in this new observatory will enable detailed studies to be made of fine structure in the solar atmosphere.

The Dominion Astrophysical Observatory near Victoria which has a long history in the development of astrophysical research in Canada has now become part of NRC. The observatory has two major telescopes: the original 72-inch telescope and a newer 48-inch telescope equipped with modern, powerful spectrographs considered the most efficient in the world. They permit accurate radial-velocity and intensity studies of supergiants, peculiar stars, novae, binary systems, etc. The spectrographs attached to the 48-inch telescope are so powerful that high dispersion spectrograms can be obtained as quickly as with the 200-inch telescope on Palomar Mountain.

The observatory recently completed a new optical shop which will produce a new low expansion 73-inch blank to replace the original 50-year old plate glass mirror. The observatory also operates a 16-inch telescope on Mount Kobau, B.C., for photometric observations. Also transferred was the more recently established Dominion Radio Astrophysical Observatory near Penticton, B.C. whose staff have made notable contributions particularly in hydrogen-line and low frequency observations.

S/D

Nous vous remercions de
nous avoir communiqué le
rapport de l'annonce vocale
de l'heure faite au Conseil
National de Recherches du
Canada



Thank you for your report
of the National Research
Council of Canada voice
time signal on:

3330 kHz
7335 kHz
14670 kHz

TIME/HEURE.....
DATE.....

When measurement of time, once based on earth rotation, was shown to lack uniformity, astronomers adopted the annual motion of the earth around the sun as the basis for time measurement.

In 1967, the second was re-defined in terms of the cesium 133 atom, thus providing extremely precise and readily available time. The National Research Council's cesium atomic clock is Canada's primary frequency source from which time is derived. The cesium standard of NRC's Time and Frequency Section is able to generate the second with an accuracy of about one part in a million million.

The voice of Canada's time service is the short wave station CHU. Located at Ottawa, CHU is essentially a self-contained station, complete with its own cesium clock. By direct line and radio link it is continuously monitored with respect to NRC's primary cesium standard. The three frequencies 3330, 7335 and 14670 KHz, with outputs of three, 10 and three kilowatts respectively, operate continuously with a voice announcement of the time each minute in English and French.

Short wave listeners from all parts of the world send reception reports to NRC which are welcomed and acknowledged with the QSL card shown above.

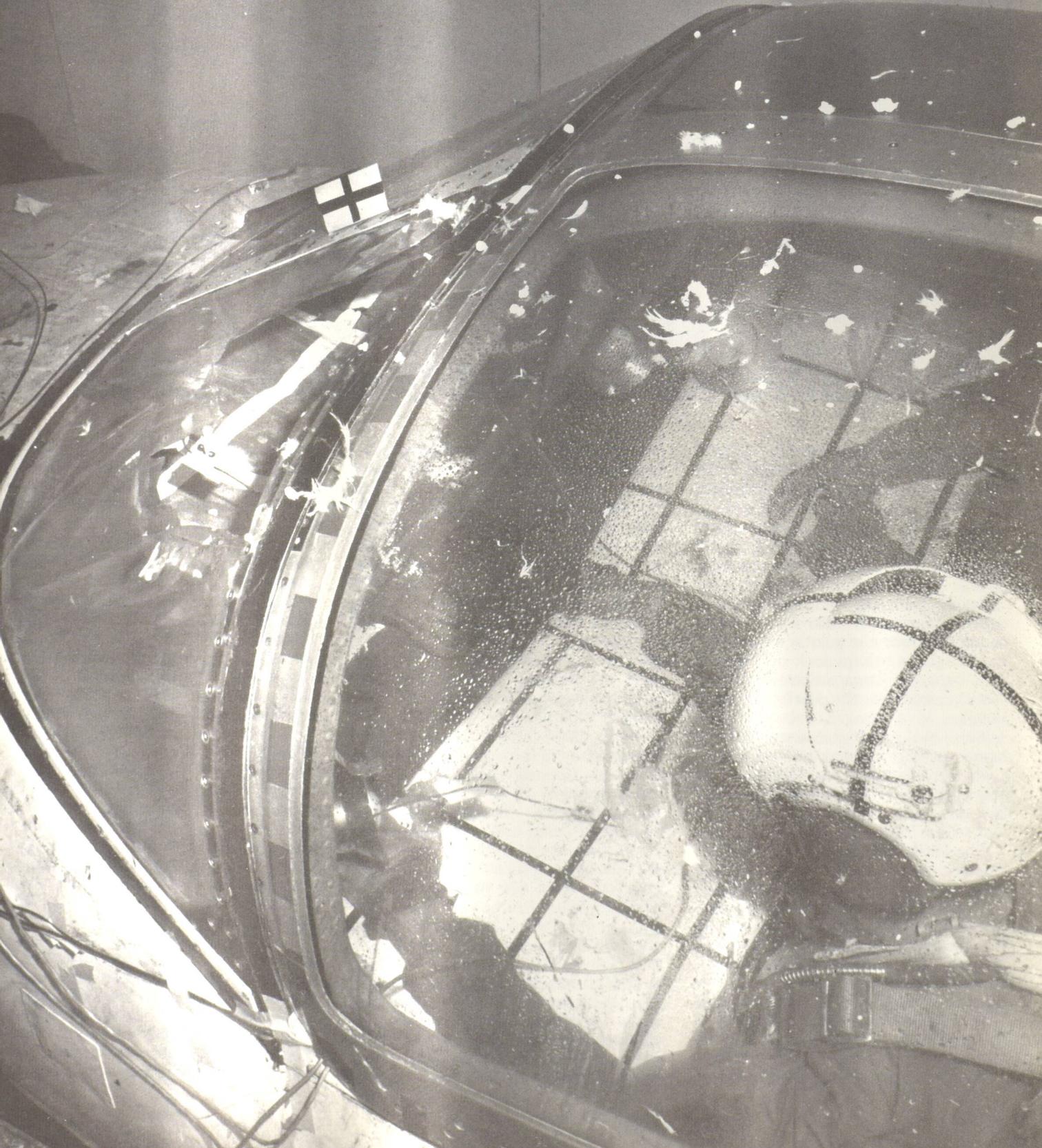
Pendant longtemps on s'est servi, comme référence pour mesurer le temps de la rotation de la terre; comme cette rotation n'est pas très uniforme, les astronomes ont adopté la durée de la rotation de la terre autour du soleil.

En 1967 l'unité de temps, la seconde, a été définie à nouveau en fonction d'une vibration de l'atome de césium 133 ce qui augmente de beaucoup la précision de la définition. L'horloge atomique au césium de la Section de l'heure et des fréquences, du Conseil national de recherches, constitue la source de fréquence primaire du Canada d'où l'on dérive la seconde avec une précision de une pico-seconde.

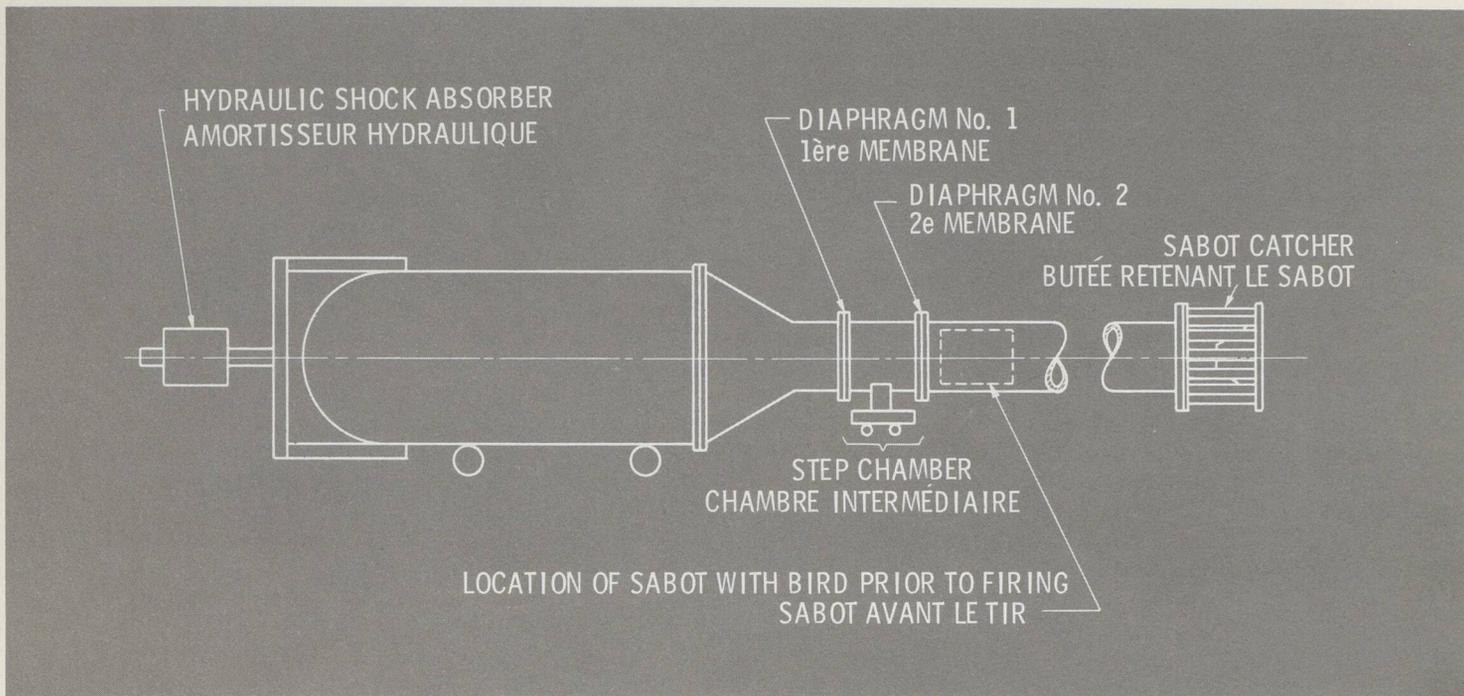
Le Service canadien de l'heure utilise l'émetteur sur ondes courtes de la station CHU qui se trouve à Ottawa et qui possède sa propre horloge au césium. Cette horloge est continuellement reliée par fil et par radio à l'étalon primaire au césium du Conseil national de recherches. Le signal de l'heure est émis en clair continuellement en français et en anglais toutes les minutes sur 3330, 7335 et 14670 KHz à des puissances respectives de 3, 10 et 3 kw. Les personnes écoutant sur ondes courtes, dans le monde entier, envoient des rapports signalant leurs écoutes au CNRC qui en accuse réception avec plaisir à l'aide des cartes QSL dont nous donnons un exemple ci-dessus.

*Flight research engineers seek methods
To "birdproof" aircraft*

*Vers des avions résistant aux
impacts d'oiseaux*



birdproofing aircraft



A Canadian Pacific Boeing 737 aircraft, carrying a full passenger load, was coming in for a night landing at Winnipeg's International Airport in April, 1969. Travelling at 335 miles an hour at an altitude of 3,000 feet it ran into a flock of northward-migrating geese.

Seven of the 10- to 12-pound geese struck the aircraft. The fuselage was penetrated near the pilot's windshield. Both engine cowlings took bird strikes and there was impact damage on the fuselage and on the starboard wing slots.

This bird-plane encounter had a happy ending in that no vulnerable parts were damaged and the pilot was able to bring his aircraft down safely. However, there are incidents where bird strikes have triggered air disasters.

The 1969 World Conference on Bird Hazards to Aircraft received reports indicating that, while a significant decrease in bird incidents involving aircraft in the vicinity of airports had been achieved through bird clearing programs, the incidence of enroute bird strikes showed signs of being on the increase. The Conference was held in Kingston, Ont., and was sponsored by the National Research Council of Canada.

Aviation experts are of the opinion

that the only measures offering any real assurance of reducing this type of danger is to "birdproof" aircraft. Birdproofing consists of increasing the strength and energy absorbing capabilities of vulnerable parts of the aircraft that are likely to be subjected to bird impacts. Areas considered vulnerable are the windshields, the leading edges of tail assembly (empennage) sections and openings where ingestion into the engine can occur. Wing structures are generally considered to have sufficient depth to sustain a bird strike without suffering serious damage.

In an effort to find ways to reduce this hazard to aircraft, the National Research Council of Canada is currently engaged in a birdproofing research program. The main piece of equipment being used in this research is a pneumatic cannon that fires chicken carcasses and simulated birds at speeds up to 620 miles an hour.

The cannon forms the core of a flight impact simulator designed and operated by the Structures and Materials Laboratory of NRC's National Aeronautical Establishment. It has been used for birdproofing studies on tail assembly sections and windshields, employing real and simulated bird carcasses in the four- and eight-pound weight sizes.

The simulator is about 70 feet long, consisting of a 60 cubic-foot reservoir, a transition section, and a pressure step chamber that also functions as the breech. It has a 40-foot barrel with a 10-inch diameter. Attached to the muzzle end is a "sabot catcher."

The firing reservoir and step chamber are pressurized in the ratio of 2:1 to the required charge pressure. Diaphragms of polyester film are ruptured successively when pressure is bled off from the step chamber. The sabot carries the bird down the barrel and is arrested by the catcher at the muzzle, allowing the bird to travel to the target.

International airworthiness codes have established a four-pound bird as a standard weight for impact tests on windshields. Recently the United States Federal Aviation Administration adopted the eight-pound bird as standard weight for empennage impact tests. The sabot allows bird sizes over this range to be used.

Real birds used in the tests are electrocuted, packed in a cotton bag and stored in a deep freeze unit until required for use. The birds are withdrawn 24 hours before use to allow them to reach room temperature. The synthetic birds are made from a stable

(Continued)

les avions et les oiseaux...

Sur la page opposée: schéma du canon à gaz. A droite, en haut: le bord d'attaque endommagé de l'empennage horizontal d'un DC-8; le trou de gauche a été causé par l'impact d'un oiseau simulé à 437 miles à l'heure et celui de droite par un oiseau réel à 410 miles à l'heure. En bas: résultat de l'impact d'un oiseau de 8 livres à 362 miles à l'heure sur l'empennage vertical d'un DC-8.



A schematic drawing of the pneumatic cannon is shown on the opposite page. Picture at right, top, shows the damaged leading edge of a DC-8 horizontal stabilizer. The hole at left was caused by a gel bird travelling at 437 miles per hour and the hole at right by a real bird carcass travelling at 410 mph. Picture at right, bottom shows damage to a DC-8 vertical stabilizer inflicted by an eight-pound bird travelling at 362 mph.



Une nuit d'avril 1969, un Boeing 737 de la compagnie Canadien Pacifique, plein de passagers, se dirigeait vers l'aéroport international de Winnipeg quand, soudain, il est entré en collision avec un vol d'oies sauvages en migration vers le nord. Il volait alors à une altitude de 3 000 pieds et à une vitesse de 335 miles à l'heure.

Sept oies de dix à douze livres chacune se sont écrasées sur l'appareil. Le fuselage près du pare-brise a été défoncé; on a relevé des impacts sur les carénages des deux réacteurs, sur le fuselage et les fentes de l'aile droite ont été endommagées.

Cet accident n'a pas eu de conséquences tragiques car aucune partie vulnérable n'a été touchée et l'avion a pu atterrir sans danger. Cependant, il y a d'autres cas où les oiseaux ont causé des tragédies aériennes.

En 1969, à la Conférence internationale sur le péril aviaire, on a remarqué que, malgré une diminution du nombre des accidents près des aéroports grâce aux mesures prises pour éloigner les oiseaux, le nombre de collisions en vol avait augmenté.

Selon les experts, le meilleur moyen d'éviter ce danger serait de construire des avions assez solides pour résister aux impacts des oiseaux, ce qui implique d'augmenter la résistance des

parties vulnérables exposées aux impacts. Le pare-brise, les bords d'attaque des empennages et les prises d'air des réacteurs moteurs sont les principaux points faibles. On pense que la structure des ailes est généralement assez solide pour résister aux chocs sans subir de dommages sérieux.

Afin de réduire cette menace, le CNRC a entrepris un programme de recherches sur la protection contre les oiseaux. Les travaux ont été confiés au Comité associé d'étude du péril aviaire. On simule des impacts à l'aide d'un canon à gaz qui projette des poulets morts ou des projectiles les simulant à des vitesses pouvant aller jusqu'à 400 miles à l'heure.

Ce canon constitue la partie principale du simulateur de collisions en vol utilisé par le Laboratoire des structures et des matériaux, de l'Établissement aéronautique national du CNRC. On s'en est servi lors des essais de résistance des pare-brise et des empennages sur lesquels on lançait des "poulets" de quatre à huit livres.

La longueur du simulateur est d'environ 70 pieds. Il comprend un réservoir de 60 pieds fermé par une membrane, en aval, et une chambre où la pression est moitié de celle du réservoir. Cette chambre, également

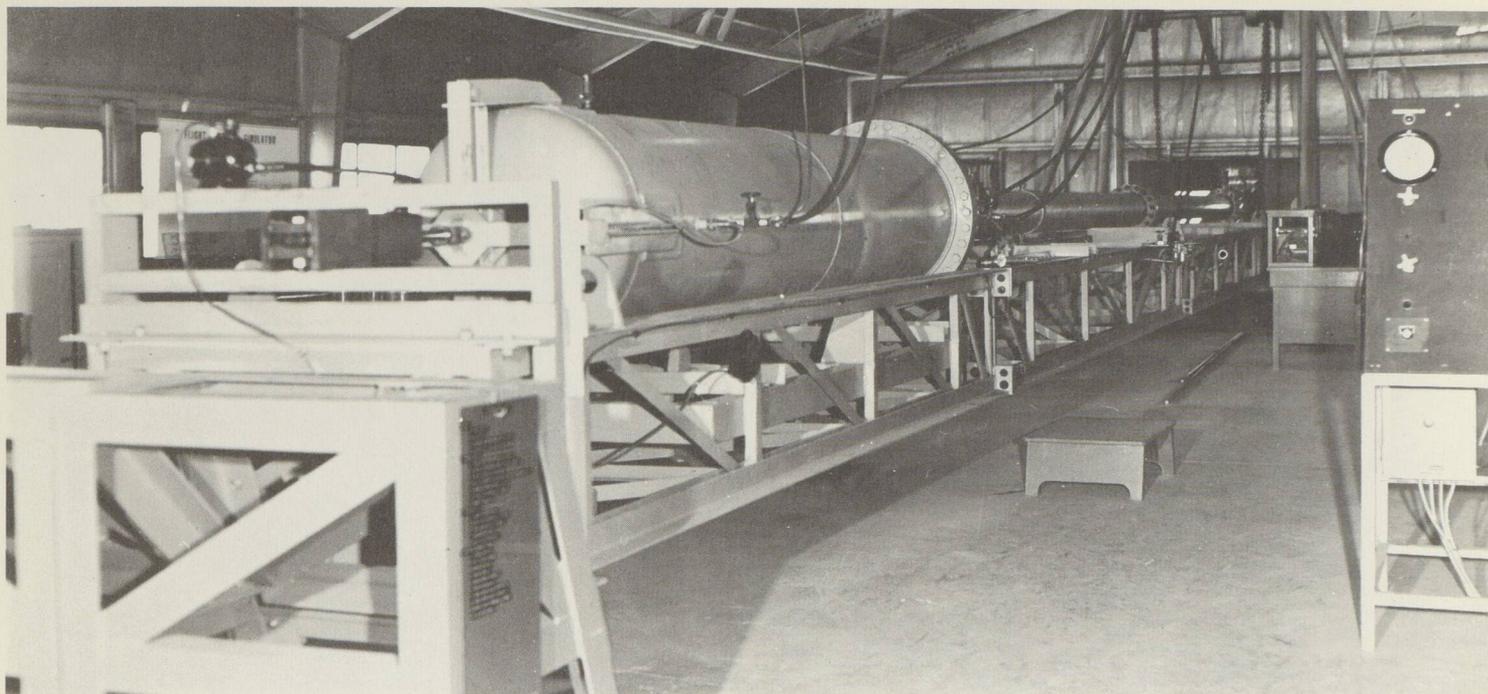
fermée par une membrane en polyester, est suivie d'un tube long de 40 pieds, et de 10 pouces de diamètre. Une butée est fixée à la gueule du canon pour retenir le sabot porteur du projectile.

Lorsque la pression dans le réservoir atteint un niveau donné, double de la pression de chambre, la membrane de la chambre est rompue, cette rupture entraînant une surcharge de la première membrane, qui se rompt à son tour et livre passage aux gaz sous pression. Cet écoulement gazeux à très haute pression avance à la manière d'une énorme vague qui, en arrivant sur le sabot, lui communique une force considérable et le projette violemment jusqu'au bout du canon où il est arrêté mais où l'oiseau peut continuer sa trajectoire jusqu'à l'impact.

Le poids des poulets servant aux essais a été fixé à quatre livres par les codes internationaux de navigabilité. Même si le canon peut lancer des oiseaux de différentes grosseurs, on s'en tient généralement à ce poids.

Les oiseaux sont électrocutés, puis placés dans des sacs de coton pour être congelés. On les retire 24 heures avant les essais pour qu'ils soient à la température ambiante. Les poulets simulés sont en gelée stable moulée

birdproofing aircraft



gel formation cast in a cylindrical form about five inches in diameter and nine inches long, the approximate dimensions of the four-pound real bird package. Currently, the gel bird is being used for calibration and impact measurements. Research is under way to develop it as a totally satisfactory substitute for real birds.

J. W. Noonan, head of the research group, believes that the NRC facility is currently the most advanced of any now in operation. "We were late getting into this field and so we were able to improve on designs of existing facilities. We're particularly proud of the velocity measuring system designed in conjunction with NRC's Physics and Radio and Electrical Engineering Divisions."

The velocity measurement system consists of an ordinary automotive-type seal beam spotlight with a parabolic reflector. It is housed in a box with the front face masked off to produce a wide thin beam, projected normally through the bird's path, to focus on a two-inch collector lens. This lens, in turn, is focussed on a photodiode unit incorporated in an electronic trigger circuit. Two units are installed approximately seven feet apart and interruption of the light beams by the birds generates signals

to operate a digitized electronic counter-timer to record in microseconds the time elapsed between signals. When the count is terminated the digital display of the time interval is locked in and cannot be affected by further events until the counter is reset to zero.

Two completely separate systems are used to measure velocity, one in the horizontal and the other in the vertical plane. This redundancy is provided in case of a system malfunction.

"The outstanding feature of this system," says Mr. Noonan, "is that approximately 50 per cent of the light reaching the collector lens must be interrupted before triggering a count signal, minimizing chance of a false count by small stray objects. A 16-millimetre high-speed camera is used to record the action."

Mr. Noonan's group is currently co-operating with the National Defence Department and Canadair Limited of Montreal in studies to determine whether the Canadair Tutor jet trainer can be refitted with a stretched acrylic windshield in place of its glass-vinyl-glass windshield.

At almost any operational speed the glass-vinyl-glass windshield "crazes" upon bird impact. The screen fragments into tiny particles, and while

not necessarily separating from the vinyl the crazing completely obscures all pilot vision. Additionally, it is a bagging type of windshield considered inferior to the "bounce" type stretched acrylic.

The current study, conducted by the group's J. B. Heath, is seeking to determine penetration velocity for given thicknesses of stretched acrylic. Due to design problems, refit of the Tutor windshield is practical only to a thickness of up to nine tenths of an inch. A greater thickness would not be economical for this aircraft.

The latest in a series of tests involved placing a Tutor cockpit under temperature control to simulate flight conditions in front of the cannon muzzle. Dummies with standard protective plastic face visors were placed behind the windshield of the cockpit. With the glass-vinyl-glass windshield, bird hazards make visors mandatory for Tutor pilots on landing or take-off. A stretched vinyl windshield of 11/16ths of an inch took the impact of a chicken carcass travelling at 212 miles an hour. The result: a foot-square hole in the windshield; chicken parts scattered in and around the fuselage; and an immediate start on planning for a further series of tests with a thicker windshield. S/D

les avions et les oiseaux...

A gauche: le canon à gaz. A droite: le pare-brise d'un Tutor après l'impact d'un oiseau de 8 livres à 212 miles à l'heure.



The compressed air gun is shown at left. At right is the shattered windscreen of a Tutor jet. Damage was done by an eight-pound chicken carcass travelling at 212 miles per hour.

dans un moule cylindrique de 5 pouces de diamètre et de 9 pouces de long, ce qui correspond à la grosseur moyenne des vrais poulets employés lors des essais.

J. W. Noonan, chef du groupe de recherches, pense que cet instrument est actuellement le plus perfectionné. "Nous avons commencé les recherches tardivement, mais ceci nous a permis de faire mieux que de reproduire des installations connues. Nous sommes particulièrement fiers de l'indicateur de vitesse conçu par la Division de physique et celle de radio et d'électro-technique".

Cet indicateur de vitesse consiste en deux projecteurs à miroirs paraboliques, rappelant les phares de voitures, et munis de couvertures à fentes de manière que chaque miroir ne puisse renvoyer qu'un faisceau bidimensionnel mince coupant la trajectoire de l'oiseau. Chaque faisceau est focalisé sur un condenseur optique de deux pouces agissant lui-même sur un déclencheur électronique à cellule photoélectrique. Ce dernier agit sur un compteur électronique qui repère le moment du passage de l'oiseau à travers l'un des deux faisceaux. On dispose donc de deux temps de traversée, celui de la traversée du premier faisceau et celui de la traversée du deux-

ième. La différence donne le temps pris par l'oiseau pour franchir les sept pieds séparant les deux faisceaux et, de ce fait, la vitesse de l'oiseau au moment de l'impact.

Pour recouper les mesures, on utilise deux compteurs séparés; l'un mesure dans le plan horizontal et l'autre dans le plan vertical. Monsieur Noonan nous a dit que le grand avantage de ce système réside dans le fait que la moitié de la lumière au moins doit être occultée pour déclencher le signal, ce qui garantit contre les risques de déclenchement intempestifs provoqués par le passage de petits objets dans les faisceaux. On filme l'oiseau au passage au moyen d'une caméra de 16 mm, à prisme tournant et prenant 7 000 images par seconde ce qui permet d'obtenir des ralentis de 300 fois lors de la visualisation des impacts.

Le groupe de M. Noonan travaille en collaboration avec le Département de la Défense nationale et Canadair Limitée de Montréal pour voir s'il est possible de remplacer le pare-brise en stratifié-verre vinyle-verre de l'avion d'entraînement Tutor par un pare-brise en acrylique étiré.

A presque toutes les vitesses, le pare-brise de verre-vinyle-verre s'écaille sous l'impact d'un oiseau et, bien que le vinyle l'empêche de s'émietter, le

pilote n'a plus aucune visibilité. En outre, ce genre de pare-brise "mou" est moins résistant que celui en acrylique qui tend à faire rebondir les objets qui viennent le frapper.

Les essais ont pour but de déterminer la vitesse de pénétration en fonction de l'épaisseur des pare-brise en acrylique. Pour des raisons d'ordre technique, les pare-brise modifiés sur les Tutors ne seront avantageux que s'ils n'ont pas plus de 0,9 pouce d'épaisseur.

Un des essais les plus récents a consisté à placer un cockpit de Tutor face au canon, à une température de paroi et à une pression simulant les conditions de vol. Des mannequins munis de visières standards, en plastique comme doivent en porter les pilotes de Tutor à l'atterrissage et au décollage ont été placés aux commandes. On a ensuite lancé un poulet à une vitesse de 212 miles à l'heure sur le pare-brise de 11/16 de pouce d'épaisseur. Il en est résulté un trou d'un pied carré dans le pare-brise et l'on a trouvé des morceaux de poulet éparpillés à l'intérieur et autour du fuselage. Ces essais terminés, on en prépare de nouveaux avec des pare-brise plus épais. S/D

The high-speed water jet Cutting tool of the future?



Fluids moving at extremely high speeds can cause extensive damage to solid materials. Two good examples are the eroding effects of rain drops on high-speed aircraft and the erosion of steam turbine blades by water droplets.

A parallel, but dissimilar, phenomenon is the effect of a continuous, high-speed stream of fluid on a solid surface. Research has shown that a large number of materials can be cut with a high-speed jet of water, but that the practical application of the technique can rarely be justified on purely economic grounds.

Despite this drawback, engineers — including a team at the National Research Council of Canada — are conducting research to find a way to make this powerful cutting method economic for a wide range of cutting applications.

Several years ago, Prof. N. C. Franz, who was at the University of Michigan at the time and who now is in the Faculty of Forestry at the University of British Columbia, performed experiments to evaluate high-speed water jets as a means of cutting timber. These experiments showed that the process is feasible, but that the power requirements relative to conventional cutting methods are excessive.

There also have been some experiments and theoretical work performed in Russia, concerned primarily with the use of high-speed water jets in mining. For many years, coal has been removed hydraulically, but the mechanism of the removal of coal by a water jet is different from that involved in cutting solid material.

In 1968, the Department of Industry Trade and Commerce organized several meetings between the National Research Council of Canada and representatives of a number of industries to discuss areas in which this cutting process could have application and to consider whether there was any economic justification for pursuing further research. As a result of these meetings, the Council undertook to set up a program of research which it was hoped would provide a serious assessment of the process and its possible applications.

“Research into the use of high-speed
(Continued)

Le jet d'eau violent, Couteau de l'avenir?

Des fluides atteignant des vitesses très grandes peuvent causer des dommages considérables aux corps solides. L'action érosive des gouttes de pluie sur les avions très rapides et l'usure des aubes de turbines à vapeur par les gouttelettes d'eau en sont des exemples frappants.

L'action d'un courant très rapide sur une surface solide est un phénomène analogue, quoique différent. Les recherches ont démontré qu'un grand nombre de matériaux peuvent être coupés par des jets d'eau à très haute pression mais que l'application de ce procédé dans l'industrie s'avère rarement rentable.

Malgré cela, les ingénieurs, dont un groupe de chercheurs du Conseil national de recherches du Canada, travaillent dans l'espoir que ce procédé de coupage sera rentable dans de nombreux cas.

Il y a quelques années, le professeur N. C. Franz, alors à l'Université de Michigan et maintenant à la Faculté de Foresterie de l'Université de Colombie britannique, a fait des expériences en vue d'étudier la possibilité d'employer des jets d'eau à haute pression pour couper le bois. Il en a conclu que ce coupage est réalisable mais que, contrairement aux procédés habituels, l'énergie nécessaire est très grande.

En Russie, on a aussi étudié l'emploi de jets d'eau à très haute pression dans l'industrie minière puisque, depuis longtemps, on s'en est servi pour extraire le charbon. Toutefois l'extraction du charbon au moyen de jets d'eau ne fait pas appel aux mêmes mécanismes que le coupage des solides.

En 1968, le Ministère de l'Industrie et du Commerce a organisé plusieurs rencontres entre des industriels et le Conseil national de recherches pour discuter des domaines d'application de ce procédé et pour voir s'il justifie les sommes affectées aux recherches. Ces rencontres ont amené le Conseil à mettre sur pied un programme visant à évaluer le procédé et ses applications.

M. H. D. Harris, ingénieur au Laboratoire de dynamique des gaz de la Division de mécanique du CNRC nous a dit que "les recherches sur l'emploi de jets d'eau à très haute pression portent sur deux domaines liés entre eux. Le premier a trait à l'application



water jet

water jets is seen as having two mutually dependent areas," says H. D. Harris, an engineer with the Gas Dynamics Laboratory of NRC's Division of Mechanical Engineering. "The first is concerned with the application of existing knowledge and technology to problems where, although the relative power consumption may be greater, the high-speed water jet offers advantages such as less waste, a finer cut, and less disturbance of the surrounding material. Several such problems have been recognized through the process of consultation with industry at both a formal and an informal level."

To carry out this research into specific applications, the Gas Dynamics Laboratory has designed and built a

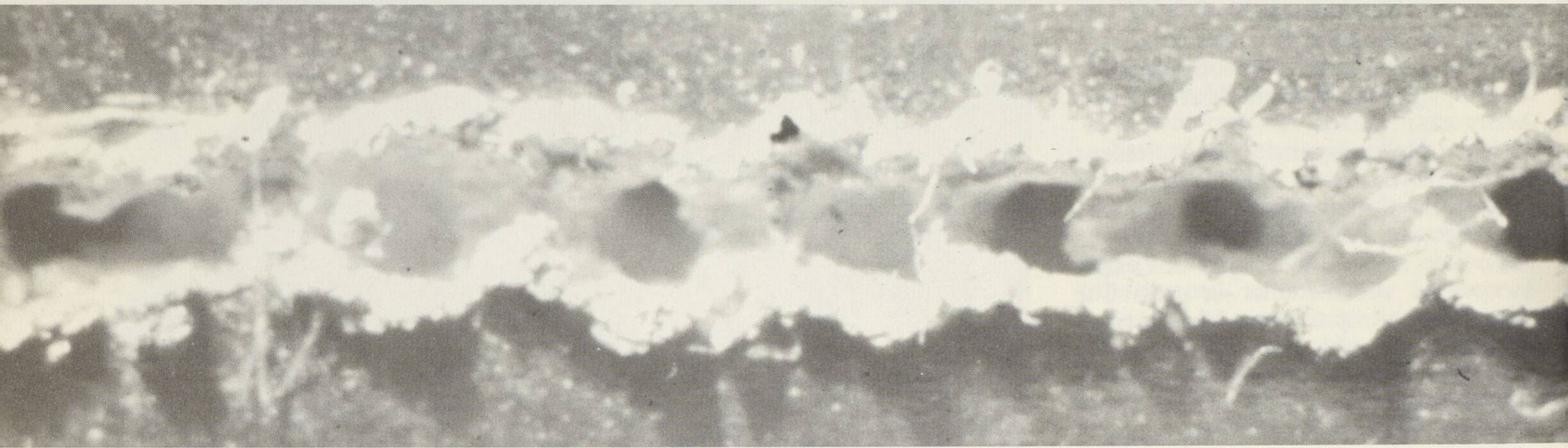
high pressure facility, which will supply water to a 0.010 inch diameter nozzle at 50,000 pounds per square inch in its present arrangement. This pressure later will be increased to 100,000 p.s.i., which approaches the pressure limit of commercially available pumps and plumbing. Associated with this high pressure source is a means for traversing test specimens past a nozzle at predetermined speeds. Suitable nozzles are being developed, so that the nozzle diameter and the internal profile may be controlled.

The factors which are believed to influence the cutting process are: nozzle diameter, internal profile, and upstream flow quality; nozzle pressure (or jet velocity); distance of nozzle from specimen; specimen feed rate; physical properties of the fluid and physical properties of specimen.

The second area of research is an

inquiry into the fundamental nature of high-speed liquid jets. This investigation is of interest in itself, as an attempt to explore and understand a fluid dynamic phenomenon. Increased knowledge of the behavior of high-speed fluid jets may lead to means for increasing their effectiveness in cutting materials and possibly to the extension of the technique for purposes now thought to be uneconomic.

This basic research involves theoretical and experimental investigation of the jet, with particular concentration on its stability. The effects of nozzle profile and various additives on the jet stability will be considered, along with the actual process by which the jet cuts various materials. These investigations will make use of the equipment already set up for the applied research, and will rely on high-speed photography to elucidate the fluid dynamics of the jet.



Already a large number of applications have been suggested for this process. These involve cutting leather, lumber, textiles, metals and plastics, as well as rock, concrete, ice and all types of paper-based products.

One application which has been successfully developed (in co-operation with Canadian International Paper Company of Gatineau, Quebec) is the use of a high-speed water jet for cutting or slitting newsprint at various stages in its manufacture. This slitting is normally carried out by pairs of rotating knives, which can be unsatisfactory for a number of reasons. While the water jet cannot be considered a complete replacement for the slitting knives, there are various applications where the cut it produces is acceptable, and its advantages in terms of flexibility, safety and physical size make it a suitable alternative to mechanical slitting.

One of the problems encountered has been the absorption of water by the newsprint. Even though the quantities of water involved are very small, the cut edge absorbs sufficient moisture to cause swelling and build-up on the wind-up roll. A solution to this problem has been found in terms of a reduction in the jet diameter without the necessity of increasing the pressure beyond the range where equipment is readily available. The cut edge obtained with a water jet is not as clean as that produced by a mechanical slitter, and several ways in which the edge may be improved are being investigated. They involve proper support of the newsprint web, refinement of the nozzle, and optimization of the nozzle diameter and pressure.

The use of water jets for newsprint slitting has now passed beyond the experimental stage and is being applied to a roll rewinder involved in the re-

covery of defective rolls of newsprint. It is expected that the use of a water jet for slitting will improve this re-winding process by reducing the width of the "butts" or waste ends of the roll, and allow more convenient recovery of the waste newsprint. At the same time, this practical application will provide further data on the variables involved and the reliability of the high pressure equipment used.

"It is evident that high-speed water jets may be used for cutting a wide variety of materials," Mr. Harris says. "A large number of these possible applications are being considered and preliminary tests are being made. It is hoped that by pursuing parallel basic and applied research, the process may be improved to the point where it is indeed competitive with the methods conventionally used for many applications."

S/D

les jets violents...

des connaissances actuelles et de la technologie aux cas où, bien que la consommation d'énergie soit grande, les jets d'eau offrent les avantages suivants: réduction des pertes, coupe plus fine et diminution des vibrations. Quelques problèmes de ce genre ont été abordés lors de discussions avec ces industriels."

En vue de mener à bien ces recherches sur certaines applications particulières, le Laboratoire de dynamique des gaz a mis au point une puissante pompe qui fournira l'eau à une tuyère de 0.010 de pouce de diamètre (0,25 mm) sous une pression de 50 000 livres au pouce carré (3 500 kg/cm²). Cette pression sera plus tard portée à 100 000 ce qui est presque la pression maximum des meilleurs pompes et

circuits hydrauliques. Grâce à ces hautes pressions et à des tuyères appropriées, actuellement à l'étude et de diamètre et de profil variés, on pourra avoir la vitesse de coupe voulue.

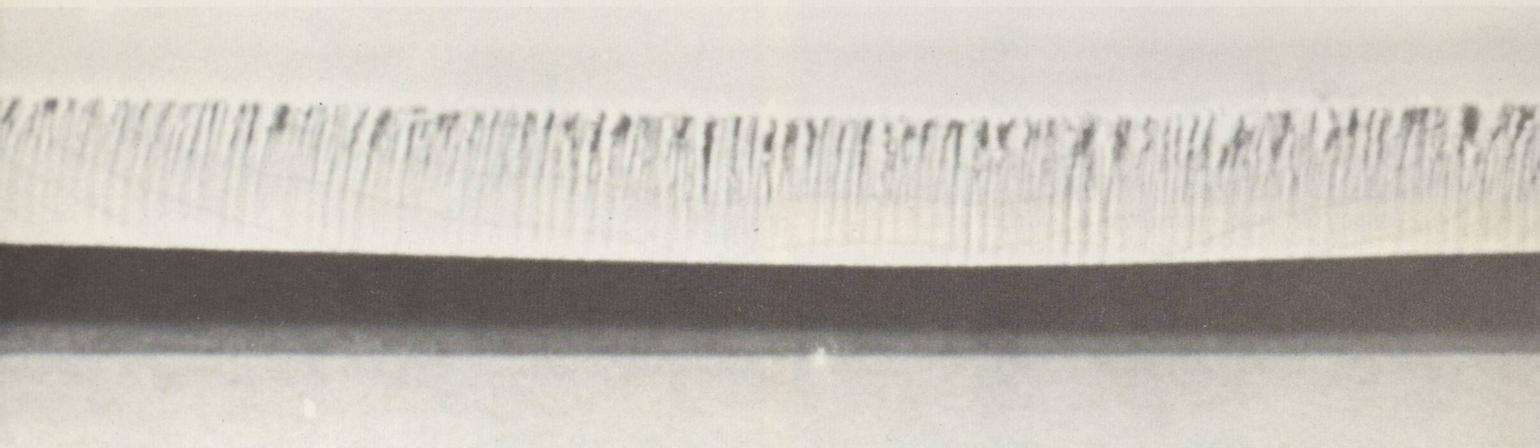
On croit que les variables influençant le coupage sont: le diamètre et le profil de la tuyère, la stabilité du jet, la pression dynamique à la sortie, la distance entre la tuyère et l'échantillon, l'avance de l'échantillon et les propriétés physiques des fluides et de l'échantillon.

Le deuxième domaine de recherches s'attache à l'étude fondamentale des mécanismes dans les jets aux pressions élevées. D'essayer de comprendre un phénomène de la dynamique des fluides se justifie en soi, car une meilleure connaissance du comportement des jets permettra peut-être de découvrir des moyens d'augmenter leur rendement pour couper et, ainsi, de s'en servir

à des fins pour lesquelles le procédé n'était pas rentable jusqu'à maintenant.

Ces recherches fondamentales nécessitent des études et des expériences sur les jets; il importe surtout d'accorder une grande importance à leur stabilité. En même temps qu'on étudiera le procédé actuel par lequel les jets coupent divers matériaux, on analysera les effets de profils différents de la tuyère et de divers additifs sur la stabilité des jets. A cette fin, on utilisera les instruments qui ont servi aux expériences antérieures et on aura recours à des prises de vue très rapides pour étudier certains aspects particuliers.

On a pensé que ce procédé pourrait notamment être appliqué au coupage du cuir, du bois, des textiles, des métaux, des plastiques, des roches, du béton, de la glace et de toutes sortes de produits faits à base de papier.



Magnified view of a cut through aluminum with a high-speed water jet (left) and wood (above).

Vue agrandie de la coupure obtenue par jet d'eau violent; à gauche, dans l'aluminium, au-dessus, dans le bois.

On a réussi, en coopération avec la Compagnie Internationale de Papier du Canada, à Gatineau au Québec, à appliquer le procédé au coupage du papier-journal à différents stades de sa fabrication. Cette opération se fait habituellement à l'aide de paires de couteaux rotatifs qui, pour plusieurs raisons, ne donnent pas toujours les résultats attendus. Même si les jets d'eau ne peuvent maintenant remplacer les couteaux rotatifs dans toutes leurs applications, ils rendent des services dans un bon nombre de cas; de plus, leur souplesse d'utilisation, leur sécurité et leur encombrement réduit en font un instrument apte à remplacer avantageusement les instruments de coupe classiques.

L'absorption d'eau par le papier-journal est un inconvénient majeur du procédé. Quoique cette absorption soit très faible, elle est assez importante pour faire gonfler l'arête et gêner l'enroulement du papier. On a résolu le problème en réduisant le diamètre des jets sans augmenter la pression. L'arête obtenue n'est toutefois pas aussi nette que celle donnée par les couteaux et c'est pourquoi on essaye d'avoir une meilleure coupe en améliorant le support du rouleau de papier-journal et les tuyères et en cherchant le meilleur rapport du diamètre à la pression.

Les résultats des expériences de coupage de papier-journal au moyen de jets d'eau sont déjà appliqués à réen-

rouler le papier mal enroulé. On pense que le réenroulage en sera amélioré du fait que ces jets permettront de réduire les pertes. Ces travaux expérimentaux déjà appliqués font apparaître l'importance relative des variables et montrent jusqu'à quel point on peut faire confiance aux matériels travaillant à pression élevée.

M. Harris a ajouté: "Il est hors de doute que des jets d'eau à haute pression peuvent servir à couper bien des matériaux. Actuellement nous faisons des essais préliminaires en vue de nombreuses applications et nous espérons qu'en poursuivant nos études et nos expériences nous pourrions rendre ce procédé concurrentiel". S/D

Taming a paradox: Thin film analysis with Jekyll and Hyde electrons

One of the most perplexing paradoxes in science and in man's present way of looking at the physical world is the split personality of neutrons, X-rays, electrons, atoms, molecules and, physicists claim, probably of all matter. Take the behavior of electrons for example. At times they seem to act as streams of tiny bullets of specific mass and charge; at other times they are described as exhibiting the same behavior as a train of waves, endowed with a definite frequency of vibration and a definite wavelength. Few people would consider that wave and particle are just two different ways of looking at the same thing. Yet, since Niels Bohr developed the "Principle of Complementarity" in 1927, that is precisely what physicists have held to explain this paradox. According to this principle, both wave and particle interpretations are complementary and both are equally valid observations of the same phenomena.

The paradoxical behavior of the electron still remains a conceptual stumbling-block to scientists and philosophers. But this in no way handcuffs chemists and physicists from harnessing the electron's dual personality to deepen their knowledge of nature and to apply this new knowledge to industrial problems.

At the National Research Council of Canada scientists in the Metallic Corrosion and Oxidation Section of NRC's Division of Chemistry are working in this field under direction of Dr. Morris Cohen, Head of the Section. Dr. P. B. Sewell and Dr. D. F. Mitchell have developed an analytical technique which makes use of the dual nature of electrons. In the technique, which is proving to be increasingly useful to industry, they have combined high energy electron diffraction with X-ray analysis procedures in an experimental apparatus to obtain structural and chemical information about thin films on metal crystals.

The analytical apparatus and technique were originally developed for laboratory research into the basic processes of the growth of thin oxide films

(Continued)

Pour analyser les couches minces, l'électron à deux visages

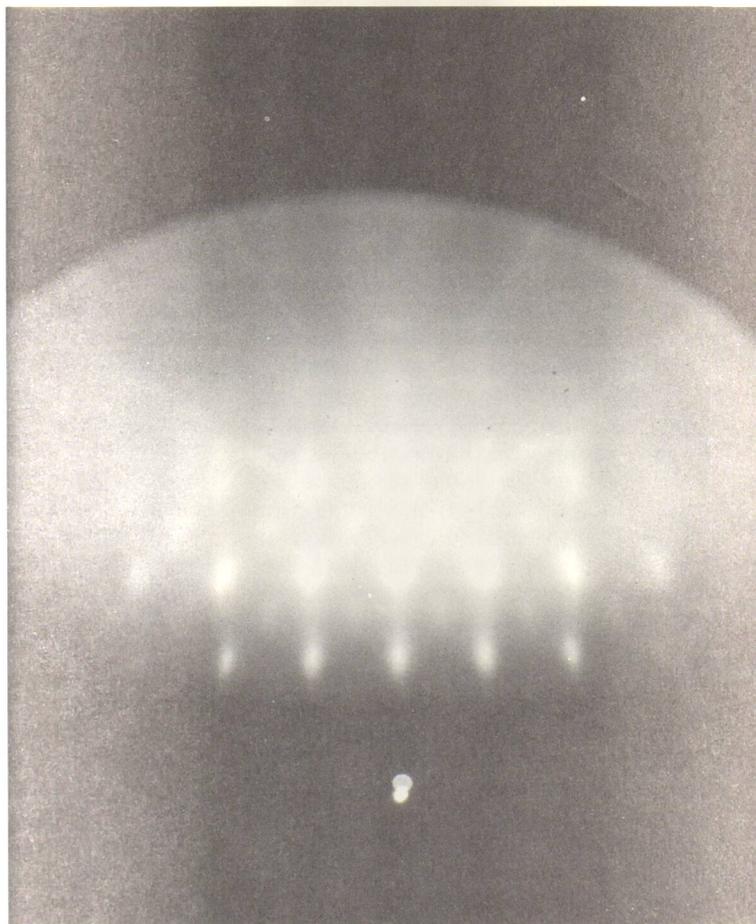
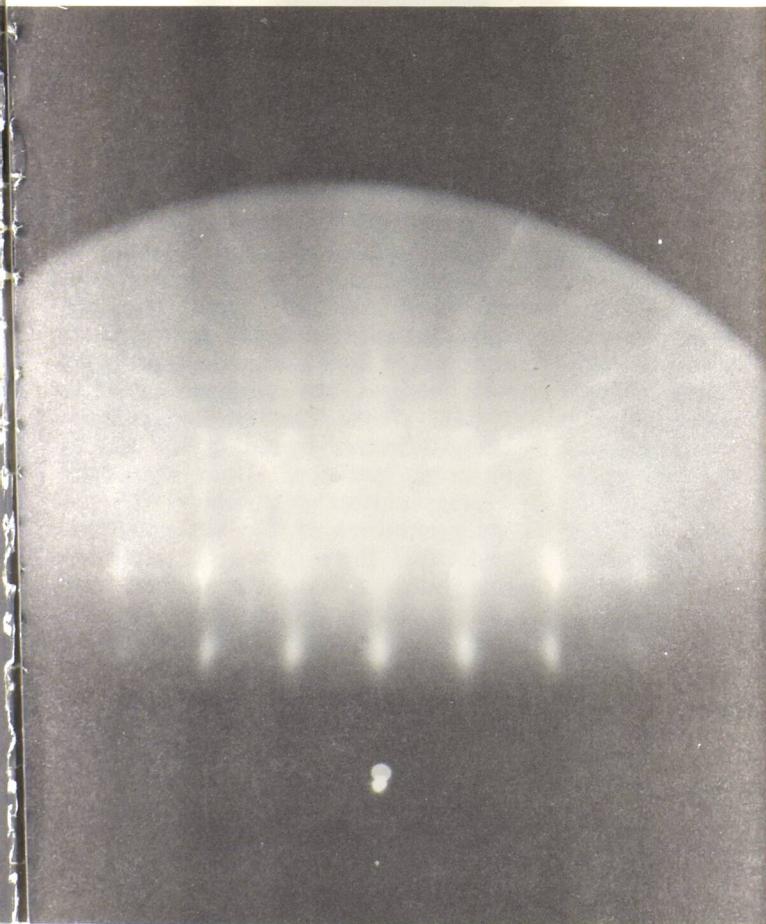
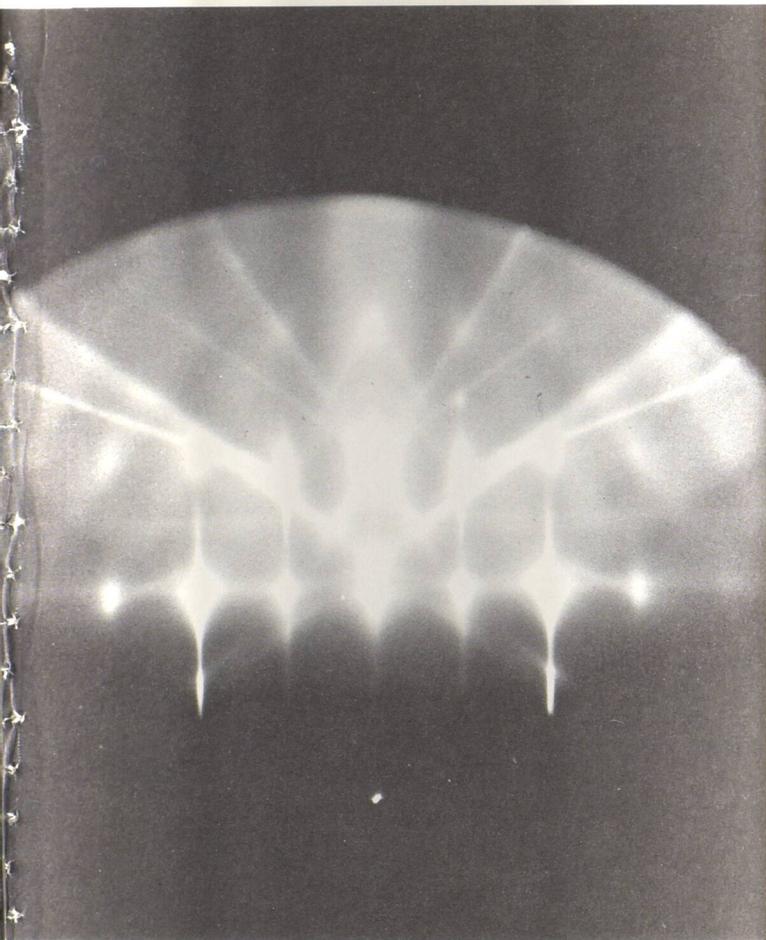
Un des paradoxes les plus troublants aux yeux de tous ceux qui cherchent à analyser et à comprendre la nature, est la "schizophrénie physique" des neutrons, électrons, rayons-X, atomes et, au dire des physiciens, probablement de toute la matière. Les électrons, par exemple: ils semblent agir tantôt comme des jets de granules de charge et masse spécifiques et tantôt comme des trains d'ondes dont la fréquence et la longueur d'onde sont bien définies. Mais que les ondes et les particules ne soient que des aspects du même phénomène, qui le croirait? Et pourtant, depuis que le Danois Niels Bohr a énoncé le principe de complémentarité en 1927, c'est justement de cette façon que les physiciens essaient d'expliquer ce paradoxe. Selon ce principe, les deux aspects corpusculaire et ondulatoire de la lumière et des particules matérielles en mouvement, sont des formes "complémentaires" d'une même réalité.

Or, bien que les physiciens et les philosophes se heurtent toujours contre le concept de la double nature des électrons, rien n'empêche aux chercheurs de se prévaloir du paradoxe pour approfondir leurs connaissances de la nature et ensuite pour appliquer ces acquisitions scientifiques aux problèmes industriels. Effectivement, au Conseil national de recherches du Canada, le Dr P. B. Sewell et le Dr D. F. Mitchell de la Section d'oxydation et de corrosion des métaux de la Division de chimie, ont mis au point une technique analytique qui vient de plus en plus à l'aide des sociétés industrielles et qui met à profit justement

(Suite)

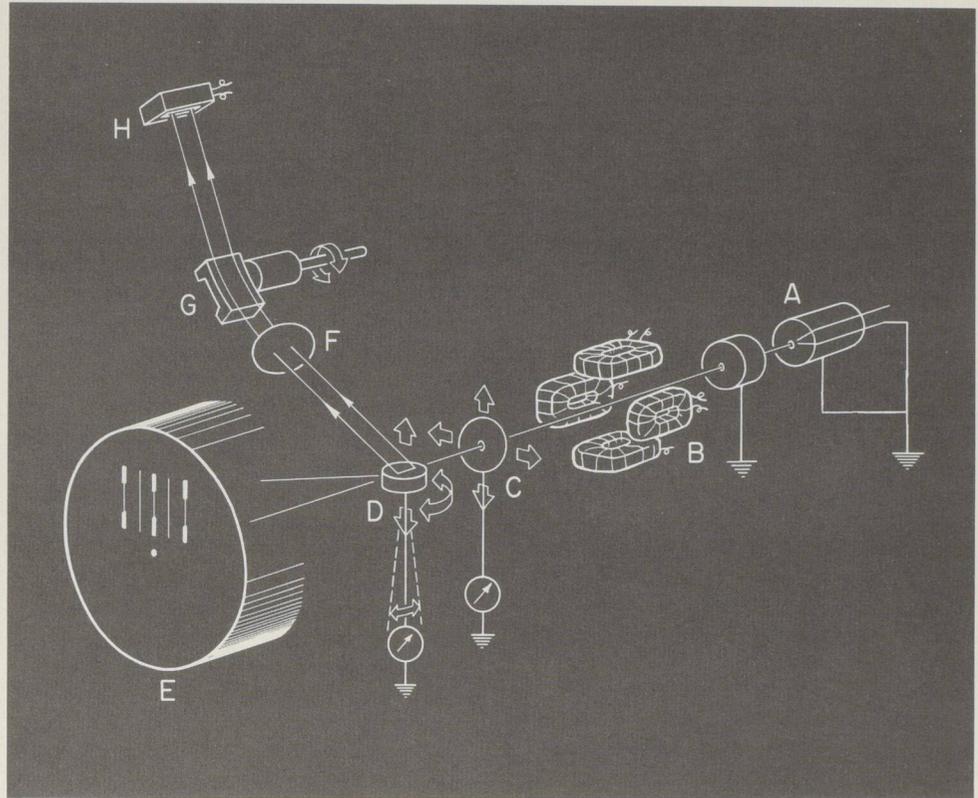
L'aspect ondulatoire des électrons permet d'obtenir des renseignements sur la structure des couches superficielles. A droite, diagrammes de diffraction de l'oxyde qui se forme lorsque le fer est exposé à l'oxygène à 150° C pendant 0, 4, 13 et 19 minutes. L'épaisseur de l'oxyde après 19 minutes est de 4,8 couches atomiques.

The apparently wave-like nature of electrons provides structural information about surface films. Right, electron diffraction patterns of oxide developing on iron, layer by layer, to a thickness of 10 Angstroms, at zero, four, 13 and 19 minutes of exposure to oxygen at 150 degrees Centigrade.



Schematic diagram of combined electron diffraction and X-ray emission apparatus. A—electron gun; B—electric and magnetic fields for beam alignment; C—adjustable aperture; D—specimen surface; E—screen; F—X-ray transparent window; G—dispersing element of spectrometer; H—detector slit.

Schéma du dispositif d'analyse combinée par émission de rayons X et diffraction d'électrons. A—canon à électrons; B—champs électriques et magnétiques pour aligner le faisceau; C—ouverture réglable; D—surface de l'échantillon; E—écran fluorescent; F—fenêtre transparente pour les rayons X; G—élément dispersif du spectromètre; H—fente de détection.



on metals. However, they are also being used to assist the microelectronics industry for the analysis of thin films and for the detection of impurities and structural faults which hinder the development of materials for solid-state devices used in telephones, computers and space craft.

The NRC analytical technique makes use of the apparently wavelike nature of electrons to provide structural information about surface films. The principle involved is virtually the same as was used 43 years ago to demonstrate for the first time that electrons behave as waves similar to light waves. When electron beams interact with the regular structure of a crystal, it is possible to record the diffraction patterns resulting from the bending and subsequent interference of the beams. Now, conversely, once the wavelength and angle of diffraction of the electron waves are known, these patterns allow determination of the interatomic distance and relative positions of the atoms in the three-dimensional structure at or near the crystal surface.

In the NRC technique, metal crystals are carefully cut, polished and processed in the apparatus to give atomically smooth surfaces. Environmental control is ensured by keeping the crystal housed in a stainless steel casing under ultrahigh vacuum. An electron gun emits a stream of high-energy (50,000 Volts) electrons which are focussed by electric and magnetic fields acting as "lenses" to pass through a hole of approximately four thousandths of an inch in diameter. The beam strikes the specimen at a low angle of incidence and is diffracted from the surface layers of the crystal.

The resulting diffraction patterns appear on a fluorescent screen which permits direct continuous observation with the possibility of measurement. These patterns show a number of beams whose size and shape reflect the surface microstructure — the presence of surface irregularities — and whose position reflects the structure of the lattice, the presence of impurities and the distance between atoms — in short, crystallographic information.

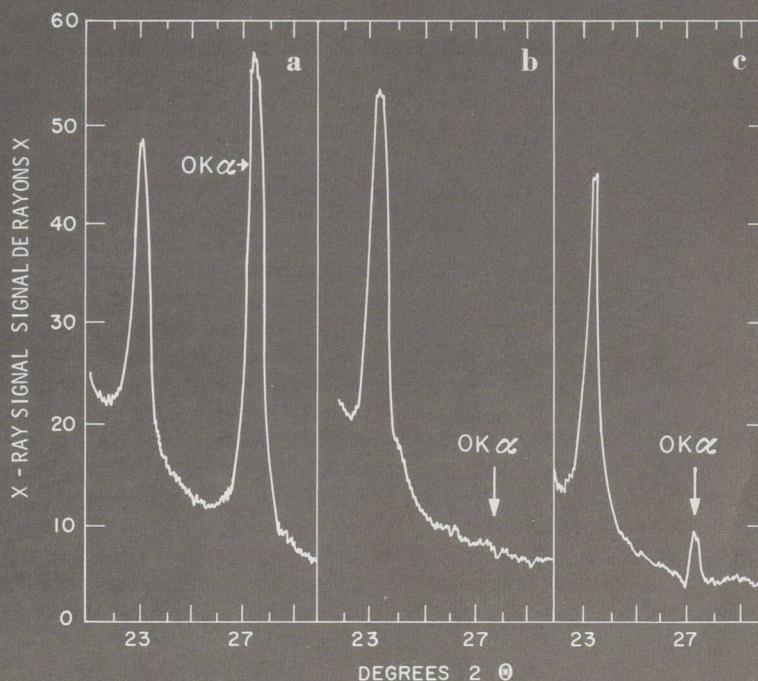
When it comes to chemical information, however, the electrons behaving as waves are less useful. They reveal neither qualitative nor quantitative information about the elements present. But the NRC scientists determined this information in the same experiment by utilizing what could be described as the electron's particle nature. While electron "waves" are being diffracted by the crystal lattice, electron "particles" from the same beam simultaneously collide with the inner electrons of the surface atoms and expel them. As other electrons more distant from the nucleus take their place, the atoms involved emit energy in the form of X-rays. These X-rays are characteristic fingerprints of the bombarded atoms and by examining the X-ray spectra, as registered on a spectrometer, the two scientists were able to identify the elements present. Moreover the X-ray emission intensity is an indicator of how plentiful these elements are at the crystal surface. In fact, the rate of formation

(Continued)

L'analyse des couches minces...

L'aspect corpusculaire de l'électron permet d'étudier la chimie des couches minces. Ici, les émissions de rayons X montrent la présence et la concentration d'oxygène (OK α) dans une couche mince d'oxyde sur le fer (a), qui est ensuite réduite par l'hydrogène (b) et qui se reforme lorsque le fer est exposé à des traces de vapeur d'eau.

Chemical information about thin films is provided by the particle aspect of electrons. These X-ray emission results show the presence and relative quantity of oxygen (OK α line) in a film (17 Angstroms) forming on iron exposed to air (a), when reduced by hydrogen (b), and reforming on exposure of the iron to minute quantities of water vapour (c).



la double nature des électrons. Ces chercheurs ont, de façon ingénieuse, combiné en un seul dispositif les techniques de diffraction des électrons à haute énergie et d'émission des rayons X afin d'analyser la structure et la composition des couches minces déposées sur des cristaux métalliques.

La technique et le dispositif en question, destinés d'abord aux recherches en laboratoire sur la croissance des couches minces d'oxyde sur les métaux, ont été bientôt appliqués à la microélectronique sur le plan industriel. Là, ils servent à analyser les couches minces ainsi qu'à détecter tant les impuretés que les aspérités de surface, facteurs qui nuisent aux dispositifs à état solide qu'on trouve par exemple dans les appareils de téléphone, dans les ordinateurs et dans les véhicules spatiaux.

Cette technique profite de l'aspect ondulatoire de l'électron pour étudier la structure des couches superficielles. Le principe utilisé il y a 43 ans lors de la toute première démonstration de la nature ondulatoire des électrons est

justement celui qui entre en jeu ici: lorsqu'un faisceau d'électrons passe par le réseau cristallin, il est possible d'obtenir le diagramme de la diffraction qui résulte de la déviation et de l'interférence subséquente du faisceau — tout comme pour la lumière. En outre, une fois la longueur d'onde et l'angle de la diffraction des électrons calculées, on peut déterminer en partant du diagramme de diffraction, la position relative des atomes, à la surface du réseau cristallin ainsi que la distance qui les sépare.

Selon la technique mise au point au Conseil on commence par tailler, polir et traiter des cristaux métalliques dans le dispositif pour leur donner des surfaces extrêmement lisses voire jusqu'au niveau atomique. La pureté du cristal placé dans un tube d'acier inoxydable pour les essais, est assurée par l'ultravide. Un jet d'électrons à haute énergie (50 000 volts), émis par un canon à électrons, est focalisé, par des champs magnétiques et électriques agissant comme des lentilles, pour passer à travers un trou d'environ quatre millièmes

de pouce de diamètre. Le faisceau, qui tombe sur le cristal à un très faible angle d'incidence, est diffracté par les couches superficielles du cristal.

Les diagrammes de diffraction apparaissent sur un écran fluorescent où il est possible de les observer et de les mesurer directement. Ils accusent plusieurs faisceaux dont les dimensions et la forme permettent de détecter les aspérités à la surface du cristal et dont la position aide à dévoiler la structure du réseau cristallin, la présence des impuretés et la distance interatomique.

Toutefois, lorsqu'il s'agit de données chimiques, les électrons se comportant comme des ondes s'avèrent moins utiles. Des éléments constitutifs, ils ne révèlent ni la quantité ni l'espèce. Comment alors dévoiler ces inconnues? Les deux chercheurs y ont réussi de façon remarquable au cours de la même expérience en se prévalant cette fois de l'aspect corpusculaire des électrons. Grosso modo, en même temps que certains électrons "onduleurs" sont

thin film analysis

of thin films growing on a metal crystal surface can be determined by noting how the concentrations of participating atoms change with time as shown by X-ray emission data. This information can then be correlated with diffraction information on structure.

The two processes of X-ray emission and electron diffraction, first combined and used simultaneously by Dr. Sewell and Dr. Mitchell, complement each other in other ways as well. For example, X-ray emission analysis can detect surface impurities in concentrations as low as 1/100 of a single layer of atoms under favorable conditions — even if randomly distributed. However, in general, only the presence of regular arrangements of foreign atoms will show up on diffraction patterns. Hence an analysis in which an element is indicated by X-ray emission but not by diffraction patterns is evidence that this element is randomly distributed in the surface layer.

The combined electron diffraction X-ray emission technique allows on-the-spot non-destructive analysis of smooth surfaces and thin films from one atomic layer (two angstroms or two hundred-millionths of a centimeter) to a few hundred angstroms. This technique is a powerful tool for unravelling industrial problems such as corrosion and lubrication phenomena which involve the chemical and crystallographic properties of thin films.

Another example is the analysis of tantalum films, evaporated on glass, which are used as components in capacitors and resistors in the micro-electronic circuits of touch-tone telephones. The properties of these films depend on their crystal structure and on the presence of foreign elements. Identification of the impurities at very low levels in such films can be determined with the NRC apparatus.

The electron diffraction and X-ray emission analysis looks promising as well for surface chemists attempting to understand more clearly how gases are sorbed on metal catalysts, a key

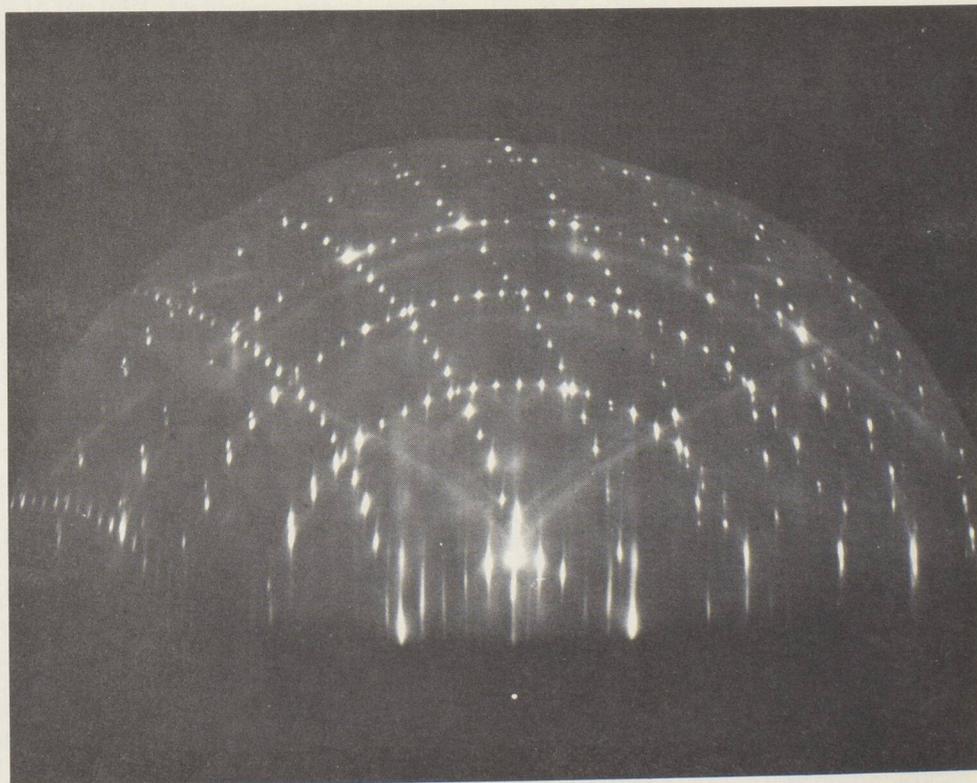
step in catalytic processes. Interesting results have already been obtained from analysis of initial layers formed when carbon monoxide, ethylene and acetylene come in contact with nickel crystals.

Through this novel analytical technique, Dr. Sewell and Dr. Mitchell have been investigating the oxidation process itself. With the possible exception of gold, no pure metal and no alloy is stable in air at room temperature. Many metals would burst into flame were it not for the properties of a very thin oxide film which forms on initial exposure to air and protects them from the environment. This film gives metals their ability to resist corrosion. Its breakdown spells the first step in the disintegration of the metal.

How do these oxide films form? How do they develop in two and three dimensions? How do impurities enter and what effect do they have? How do the microscopic features and irregularities in the film come about?

(Continued)

Like a coded sequence of fireworks filling a domed sky, these diffracted electron beam diagrams contain structural information about a one atom thick layer of contaminant on a tungsten surface.



L'analyse des couches minces...

diffractions par le réseau cristallin, d'autres, toujours du même faisceau, se heurtent aux électrons à l'intérieur des atomes du cristal ce qui a pour effet de les expulser. Alors, d'autres électrons dans les atomes, mais encore plus éloignés du noyau, viennent prendre leur place. Mais, ce faisant, ils émettent de l'énergie sous forme de rayons X au moyen desquels les deux chercheurs ont identifié les substances constitutives. En outre, l'intensité de l'émission est un indice de la quantité des éléments à la surface cristalline et de là, on peut trouver la vitesse de formation des couches minces superficielles en observant la variation de concentration des atomes constitutifs d'après les émissions de rayons X. On peut ensuite comparer ces données avec les diagrammes de diffraction qui aident à déterminer la structure.

Les deux procédés, combinés et employés simultanément pour la première fois par le Dr Sewell et le Dr

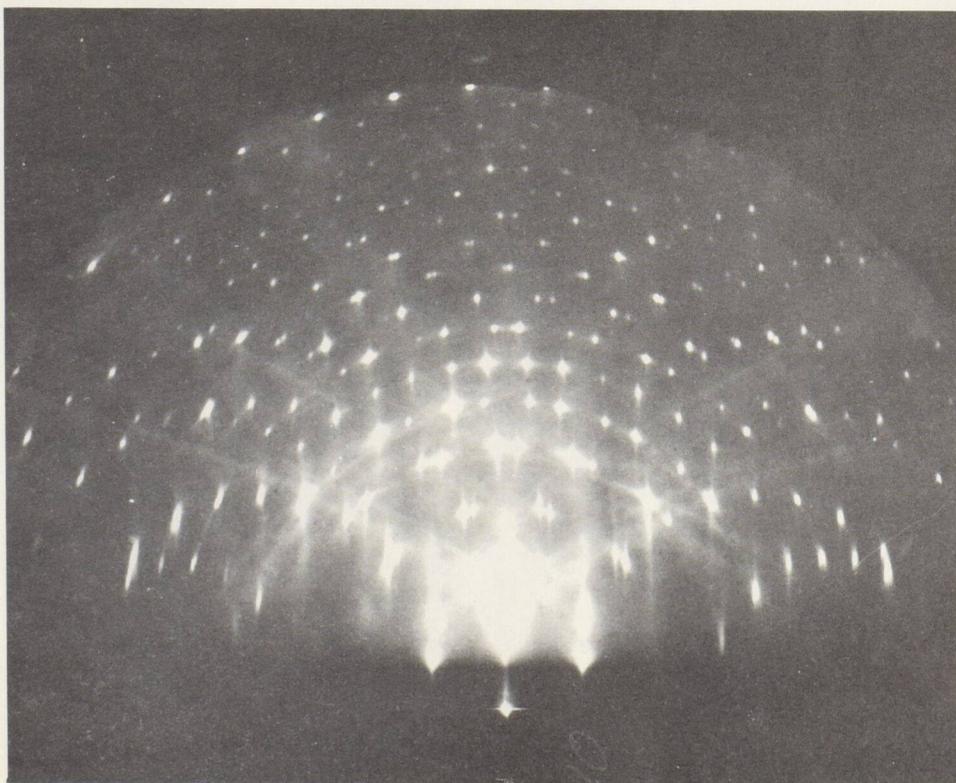
Mitchell, constituent une technique analytique très souple d'emploi. Ainsi, au moyen des émissions de rayons X, on peut déceler les impuretés de la surface même pour des concentrations qui ne dépassent pas 1/100 de couche monoatomique quel que soit leur arrangement. Par contre, en général, seules les impuretés arrangées régulièrement figureront sur les diagrammes de diffraction. Donc, si un élément est indiqué d'après l'analyse par émission de rayons X, mais non pas par la diffraction, il s'ensuit que les atomes de cet élément se trouvent en désordre dans la couche superficielle du cristal.

La technique permet d'analyser sur place des surfaces lisses et des couches minces dont l'épaisseur varie d'un atome (soit d'environ deux cent millièmes de centimètre) jusqu'à plusieurs centaines, sans pour autant détruire l'échantillon. C'est donc un atout pour étudier les problèmes industriels qui dépendent des propriétés chimiques et cristallographiques des couches minces comme celles que l'on trouve en corrosion et en lubrification.

Autre exemple: l'analyse des couches de tantale vaporisées sur verre et employées dans les condensateurs et résistances faisant partie des circuits microélectroniques des téléphones à clavier (Touch-tone). Les propriétés de ces couches dépendent de leur structure cristalline et de la présence, à faible concentration, d'impuretés. L'identification de celles-ci peut être établie par cette technique.

L'analyse par diffraction des électrons et émission de rayons X semble aussi intéressante pour ceux qui étudient l'adsorption des gaz sur les catalyseurs métalliques. C'est là en effet un des procédés les plus importants de la catalyse. Au CNRC, on a déjà analysé ainsi les couches initiales formées lorsque l'oxyde de carbone, l'éthylène et l'acétylène entrent en contact avec des cristaux de nickel.

Le Dr Sewell et le Dr Mitchell, sous la direction du Dr Morris Cohen, chef de la Section, ont également étudié le procédé de l'oxydation même



Ressemblant à un grand feu d'artifice dans la voûte des cieux, ces diagrammes de diffraction d'électrons permettent d'étudier la structure d'une couche monoatomique de contaminant sur une surface de tungstène.

Double-beam interference micrographs are used to ensure surface smoothness of the metal single crystal specimens prior to analysis. With monochromatic light, the crystal surface is compared with an optically flat reference surface. A mechanically polished surface of a nickel single crystal is shown at right. A similar surface, then polished electrolytically is shown on page 27.



thin film analysis

These are among the fundamental questions being investigated with the apparatus developed at NRC.

General oxidation studies indicate that oxide film formation is a very complex process. Growth of oxide films occurs by diffusion, sometimes by the metal through the existing film to react with available oxygen, sometimes by oxygen atoms through the oxide film to reach the metal surface, and sometimes by a combination of these processes depending on the particular metal.

The NRC work focusses on the properties of the initial oxide films and on their influence on the over-all oxide growth process. Surprisingly, even massive oxidation processes occurring at high temperatures and yielding thick oxide scales can be strongly influenced by the properties of the protective thin film oxides formed at room temperatures.

One interesting sidelight to these analyses was the confirmation that heating samples of metal crystals in quartz furnace tubes can contaminate them with silicon or silica even at low temperatures. These impurities are introduced from the tube into the surface film and are present at levels of up to 10 atomic layers (20\AA) at temperatures as low as 700 degrees centigrade. The silica transfer process had previously been suspected of occurring but the NRC scientists were the first to measure it quantitatively and to investigate the transfer mechanism at low pressures. Put in blunt terms, if silicon is going to affect an experiment, one should rule out the use of quartz furnace tubes above 700 degrees centigrade.

Dr. Sewell and Dr. Mitchell note that in experiments on well-annealed single metal crystals which involve both analyses simultaneously, more than half of the electrons behave as waves and are coherently scattered out of the crystal. The rest participate in

several dissipation processes of which X-ray emission is but one.

Tormented scientists and philosophers have learned to accept the peaceful coexistence of particle and wave behavior for one, and the same species, whether they are light — photons — or X-rays, atoms or molecules, as an intrinsic quality of nature. As a consequence, terms such as matter waves and wavicules have crept into the scientific lexicon.

It seems as if nature has provided scientists with two complete, equivalent and distinct languages, one characteristic of particles and the other of waves to describe and predict empirical results. Will this paradox someday induce man to reassess his conceptualization of physical reality? Be that as it may, two NRC scientists have cleverly used electrons and exploited this very dilemma to aid industry and to open up important new vistas in the study of matter.

S/D

L'analyse des couches minces...

par leur nouvelle technique. A l'exception possible de l'or, aucun métal ni alliage n'est stable à la température ambiante. D'ailleurs, la plupart devraient s'enflammer ne serait-ce qu'en raison des propriétés d'une couche mince d'oxyde protectrice qui se forme lorsque le métal est exposé à l'air. C'est cette couche qui permet aux métaux de résister à la corrosion. Sa dissolution signifie le début de la désintégration du métal.

Comment se forme cette couche d'oxyde? Comment se développe-t-elle en deux ou trois dimensions? Comment y pénètrent des impuretés et quelle est leur influence? Quelle est l'origine des aspérités superficielles? Voilà quelques-unes des questions étudiées au CNRC au moyen de la nouvelle technique.

L'objet principal de ces recherches est de déterminer les propriétés de la couche d'oxyde à sa création et de préciser leur influence sur le développement de la couche. Il est, en effet, étonnant que même l'oxydation massive ayant lieu à haute température

et donnant des écailles épaisses puisse être fortement influencée par les propriétés des couches minces d'oxydes formées à la température ambiante.

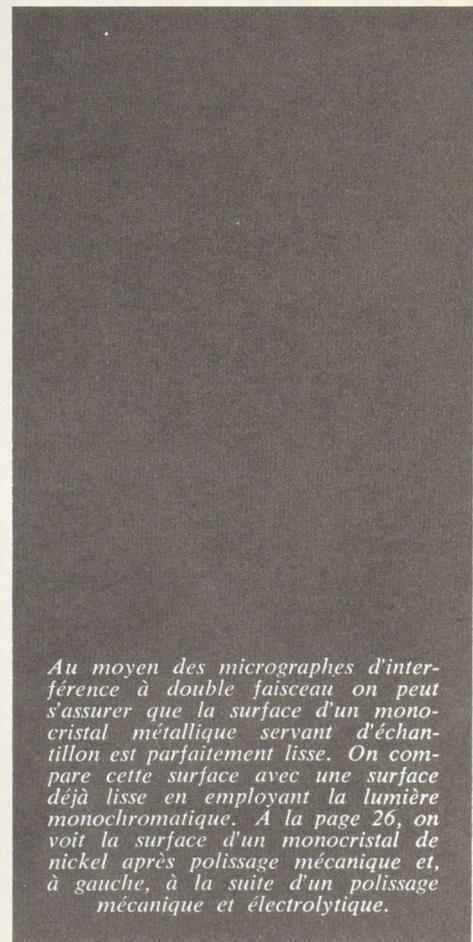
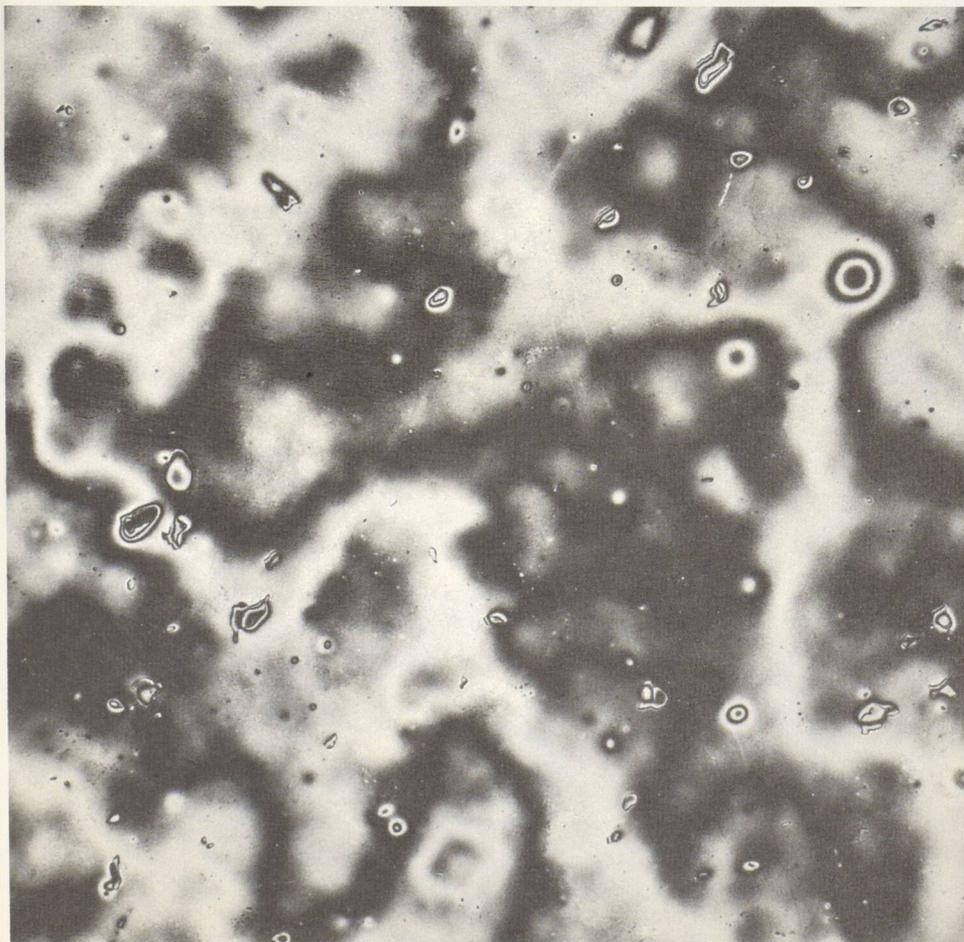
Quand on introduit un cristal métallique dans un tube en quartz pour des expériences à haute température, risque-t-on ainsi de contaminer le cristal? Les chimistes le craignent depuis des années avec juste raison car au moyen de la nouvelle technique les deux chercheurs du Conseil ont récemment réussi à confirmer la contamination possible du cristal par le silicium provenant du tube en quartz même à de basses températures. Ils sont les premiers à analyser la réaction et à rechercher le mécanisme de contamination à de faibles pressions. Conclusion: si le silicium devait nuire aux résultats d'une expérience donnée, on ferait mieux de proscrire les tubes en quartz pour des températures de 700 à 1 100 degrés centigrades.

Avec des cristaux métalliques uniques et bien recuits, analysés simultanément par diffraction et par émission de rayons X, le Dr Sewell et le Dr Mitchell ont trouvé que plus de la moitié des électrons du faisceau manifestent un caractère ondulatoire tandis

que les autres participent à plusieurs réactions, parmi lesquelles l'émission de rayons X, en tant que corpuscules.

Les physiciens et les philosophes toujours tourmentés par ce paradoxe ont accepté la coexistence pacifique des aspects ondulatoire et corpusculaire d'une seule espèce (que ce soit la lumière (photons), les rayons X, les atomes ou les molécules, etc.), comme qualité intrinsèque de la nature. Les physiciens parlent même d'ondes matérielles ou d'ondicules et ils nous assurent qu'avec un réseau optique de traits suffisamment rapprochés, on peut diffracter non seulement des ballons et des gens mais encore des planètes!

Pendant longtemps les savants ont expliqué le mouvement en se basant soit sur la théorie corpusculaire soit sur la théorie des ondes, ces deux théories semblant s'opposer jusqu'à ce que L. de Broglie, Heisenberg, Schrödinger, et Dirac montrent que cette opposition est plus apparente que réelle. En tout cas, deux chercheurs au CNRC ont habilement exploité les électrons et cette opposition pour aider le secteur industriel et ouvrir de nouvelles perspectives dans l'étude de la matière. S/D



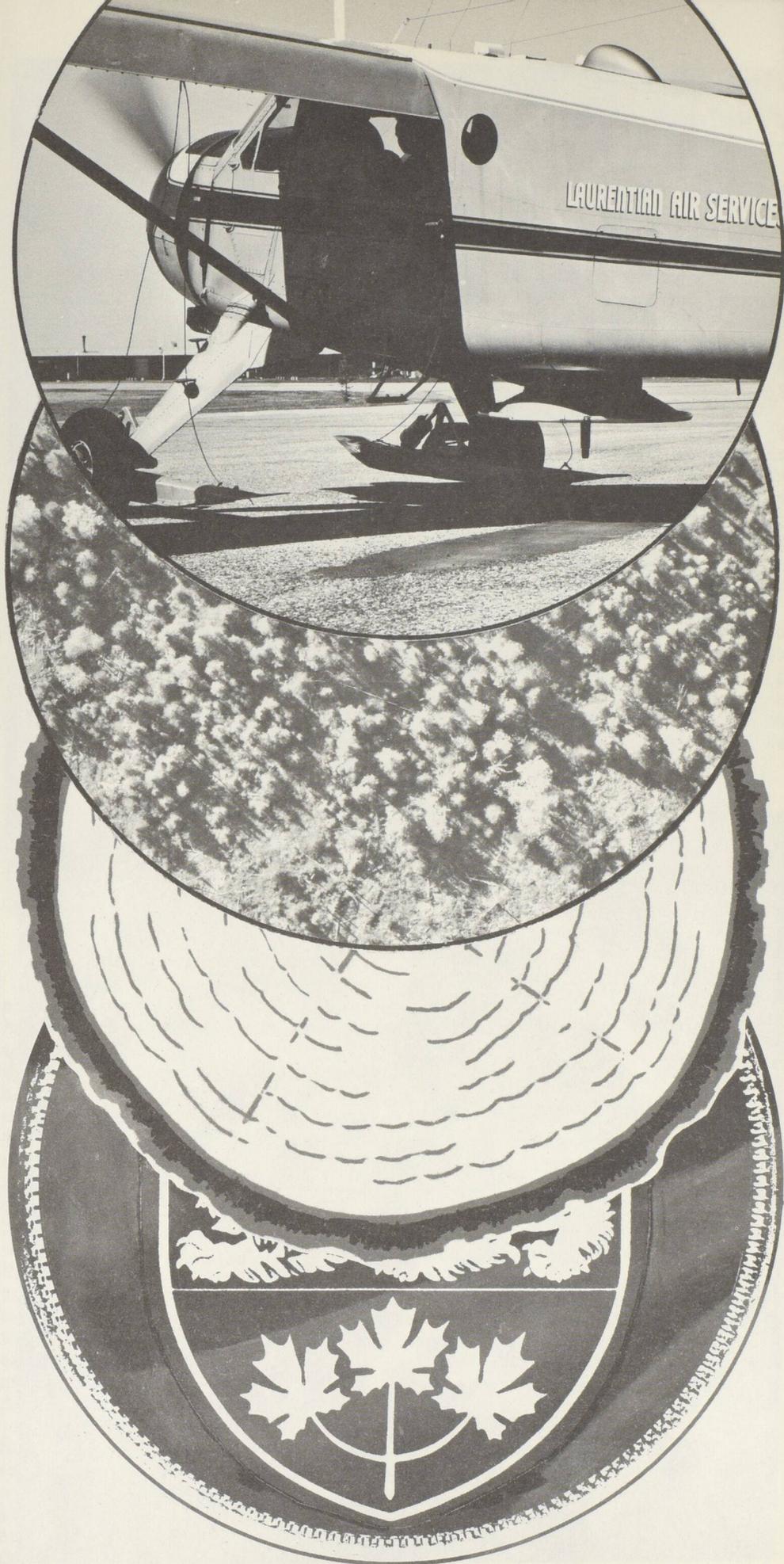
Au moyen des micrographes d'interférence à double faisceau on peut s'assurer que la surface d'un monocristal métallique servant d'échantillon est parfaitement lisse. On compare cette surface avec une surface déjà lisse en employant la lumière monochromatique. A la page 26, on voit la surface d'un monocristal de nickel après polissage mécanique et, à gauche, à la suite d'un polissage mécanique et électrolytique.

**Forest inventories
with NRC altimeter --
Radar and
ligneous gold**

Forests are unconcealed mines of ligneous gold. But unlike gold, a forest can be regenerated. If wisely exploited its supply of wood need never become depleted. The key is good forest management. And good forest management depends on good forest inventories.

To ensure optimal exploitation of its vast stretches of timberland, the Province of Quebec is planning province-wide forest inventories which will be among the most efficient ever conducted. The reason — aerial photography and a precise radar altimeter developed by the National Research Council of Canada in collaboration with the Forest Management Institute of the Department of Fisheries and Forestry. R. L. Westby of NRC's Radio and Electrical Engineering Division designed the altimeter which will play a major role in Quebec's program to streamline the province's decennial resources survey of forest regions.

(Continued)



L'inventaire des forêts facilité grâce à Un nouvel altimètre radar

Une forêt, c'est de l'or "vert" que l'on peut dépenser sans crainte d'en tarir la source puisque, si la forêt est bien exploitée, elle continuera de produire des richesses.

C'est là effectivement le but de l'aménagement forestier. Et l'aménagement judicieux de la forêt a comme point de départ l'inventaire forestier.

Afin d'assurer l'exploitation optimale de ses énormes régions boisées, la province de Québec procède actuellement à des inventaires des plus efficaces grâce à la photographie aérienne et à un altimètre radar mis au point au Conseil national de recherches du Canada, en collaboration avec l'Institut d'aménagement forestier du Ministère des pêches et des forêts. Le nouvel altimètre radar a été conçu par R. L. Westby, de la Division de radiotechnique et d'électrotechnique du CNRC.

En quoi consiste l'inventaire forestier? D'abord on détermine la répartition des espèces et la densité des arbres dans un peuplement donné. Ensuite, on évalue la qualité et la taille (hauteur, diamètre du houppier, diamètre à hauteur de poitrine (DHP), surface terrière, etc.) des arbres représentatifs. Un des buts principaux de l'inventaire est l'établissement de tables volumétriques où figure le volume de bois marchand disponible dans une région donnée. Une fois les résultats de l'inventaire connus, les spécialistes de l'aménagement forestier procèdent à des expériences sur l'éclaircissement et l'espacement des arbres, ou pour combattre les effets nocifs des plantes parasites et des maladies. Autrement dit, ils s'efforcent d'obtenir le développement maximum des arbres. Ce qui est encore plus important, ils peuvent régler l'exploitation d'un peuplement donné de façon à favoriser le plus possible le développement et la régénération subséquents du peuplement. Enfin, l'analyse poussée des résultats facilitera la planification quant aux industries, équipements et main-d'oeuvre dans les environs de la forêt.

Pour dresser ces inventaires, les forestiers ne s'intéressent sérieusement à la photographie aérienne à grande échelle que depuis 10 ans. Auparavant, ils devaient avancer péniblement dans la forêt, dendromètre sur l'épaule, afin de mesurer les arbres un par un. Au maximum, ils examinaient des régions de faibles dimensions situées le plus souvent à la lisière de la forêt, zone la plus accessible aux forestiers. Enfin, tout en profitant des autoneiges, des hydravions et des hélicoptères, les forestiers ne pouvaient qu'en partie alléger les dépenses et les besognes fastidieuses que comporte l'échantillonnage effectué sur le terrain.

Il est vrai que les forestiers utilisent la photographie aérienne depuis 40 ans, mais, au début, son emploi se limitait à aider les usagers à se situer et à exécuter leur itinéraire en forêt plus facilement. Par la suite, les photographies facilitèrent la production de cartes topographiques, hydrographiques et routières.

Mais pourquoi les forestiers n'ont-ils pas tiré profit de la photographie aérienne pour dresser l'inventaire de la forêt? La réponse est simple: on ne saurait établir de façon précise les particularités d'un peuplement sur la photographie aérienne sans déterminer l'échelle de celle-ci, ce qui est impossible sans connaître avec une très

grande précision l'altitude de l'avion au moment de la prise de vue.

En tant que méthode exacte, rapide, peu complexe et sans inconvénients pour déterminer l'altitude, l'altimètre radar mis au point au CNRC répond éminemment bien à ce problème. De poids léger, souple d'emploi et facile à monter sur l'avion, l'altimètre mesure avec précision la distance entre l'avion et la surface réelle de la terre malgré les obstacles tels que branches, feuilles, plantes, etc. En effet, contrairement aux autres altimètres, aucune impulsion du signal radar n'est réfléchi par ces obstacles et par conséquent il n'entre aucune imprécision dans la mesure de l'altitude de l'avion au-dessus du sol. Même sur des distances de séparation de 2 300 à 3 800 pieds (700 à 1 160 mètres) et au-dessus de terrains très irréguliers à pentes raides de 40% l'instrument est précis.

Quant au côté technique, l'antenne de l'altimètre est installée sous le ventre de l'avion et chaque impulsion du radar, réfléchi par la terre, est traduite en tension qui varie avec la distance parcourue. Cette tension est convertie à son tour en altitude qui est affichée à côté de la caméra. Un système spécial de focalisation permet d'enregistrer l'altitude directement sur la pellicule au moment de la prise du cliché. Or, une fois l'altitude connue, l'échelle du cliché l'est également. Ainsi, il est possible grâce à une analyse stéréoscopique d'identifier des essences, de les dénombrer et de trouver la hauteur et le diamètre des arbres sur des superficies connues.

Dans le cadre du programme, le Directeur du Service des Inventaires forestiers du Ministère des Terres et Forêts du Québec, M. René Rinfret et son personnel collaborent avec l'Université Laval et l'industrie québécoise. La compagnie Hauts-Monts Inc., dont le Président, M. J.-W. Grenier fut parmi les premiers à réaliser les avantages de la photographie aérienne pour les inventaires forestiers, est responsable de la photographie et de l'emploi de l'altimètre radar. D'autre part, des spécialistes en photo-interprétation dirigés par le Dr Gilles Ladouceur, professeur au Département de Photogrammétrie à l'Université Laval, aideront à dresser les tables volumétriques etc. en partant des photographies aériennes.

L'inventaire décennal comprendra les 400 000 miles carrés des forêts du Québec, dont environ 275 000 miles carrés ont une valeur marchande. Le

forest inventories

Forest inventories incorporate studies of the distribution of tree species and tree densities in forest stands, together with a determination of the quality and size (height, top diameter, diameter at breast height (DBH), basal area etc.) of representative trees. One of the aims of a forest inventory is the establishment of standard tree volume tables which give cubic content — the volume of marketable timber available in a given area. Armed with this knowledge, specialists in forest management plan experiments involving the thinning and spacing of trees to ensure optimal growth. They can detect the stunting effect of competition or disease on valuable species and take remedial action. Most important, forest managers can plan the exploitation of a given stand keeping its future development and subsequent regeneration uppermost in mind. Lastly, through close analysis of these data, the most economic use of labor, logging equipment and forest-based industries can be projected.

Large-scale aerial photography caught the attention of forest managers only about 10 years ago. Before that surveyors hauled dendrometers of various kinds on treks through dense forest to measure individual trees. At most they covered small areas usually at the periphery of a forest where access was easiest. Despite the advent of snowmobiles, seaplanes and helicopters, much of the drudgery and expense of ground sampling methods persisted.

Aerial photographs of forests were initially used to help forest inventory-takers to find their location and to plan their itinerary on the ground. Later they were used to assist in the production of topographical, hydrographic and route maps.

One obstacle, however, prevented forest managers from applying aerial photographs to forest inventory work. Photographs cannot be accurately related to forest areas unless their scale is established. This in turn cannot be determined without knowing the plane's altitude at the time the photographs were taken.

The development of the NRC radar altimeter provides an accurate, simple, rapid and convenient method for solving this problem. Lightweight, easily installed on an aircraft and versatile, the radar altimeter gives an accurate reading of the distance between an aircraft and actual ground level. The radar signal penetrates all intervening vegetation. In contrast to previous altimeters, no radar pulses are reflected from forest cover and therefore no inaccuracy in height is introduced. At its upper range of 2,300 to 3,800 feet, the altimeter functions accurately even over rough terrain with extreme slopes surpassing 40 per cent.

The antenna of the altimeter is mounted on the underside of the aircraft. Each radar pulse reflected from the ground is converted into voltage which is proportional to the distance the pulse travels to the ground and back. This voltage, converted into a height reading in feet is displayed on a digital meter placed beside an aerial camera. By means of a special lens system the height reading appears on the edge of each photograph of the forest below. The photographs, taken with 60 per cent overlap and viewed stereoscopically can yield information on the quantity and kinds of trees and on tree height and crown diameter over areas of known size.

Both private industry and university are cooperating with René Rinfret, Director of the Forest Inventory Service of the Quebec Department of Lands and Forests, and his staff in Quebec's large-scale forest inventory program. La compagnie Hauts-Monts, whose president, W. F. Grenier, was one of the first to realize the advantages of applying aerial photography to forest inventory work, is responsible for the camera work and altimeter readings. Photointerpreters under Dr. Gilles Ladouceur of the Department of Photogrammetry at Laval University, Quebec City, will aid in compiling volume tables and other information from the photographs.

The inventory program will cover all 400,000 square miles of forest in Quebec, some 275,000 square miles of it commercial timberland. The forested area of Quebec will be divided into 30 regions, three being investigated each year. This year the inven-

tory will focus on the Eastern Townships from Charlevoix and Eastman to just east of James Bay. Photographic work will also start this year for inventories in 1971 in the lower Gatineau and Mistassini regions.

Trials conducted over square one-tenth acre plots in black spruce-fir stands have been eminently successful. The areas were photographed with a camera with a focal length of 24 inches (610 millimeters) installed on a twin-engine aircraft and coupled to the radar altimeter. The plane at a height of approximately 1,500 feet was put on automatic pilot. From photographs measuring nine inches by nine inches and scaled 66 feet to the inch, tree heights were stereoscopically determined and results for 50 foot trees differed on the average from field measurements by less than 5 per cent. The total census of merchantable timber (DBH exceeding four inches) as derived from the photographs was only slightly below that obtained from ground measurements.

"These tests conclusively show the potential of the NRC radar altimeter with aerial photography for forest inventory programs," Mr. Rinfret says.

Mr. Rinfret and Dr. Ladouceur point out that these excellent results have been obtained from a method still under development. With further refinements they expect that average height measurements from photographs could come within two per cent of ground measurements. In addition, they expect that the slight error in tree census studies will shrink still more.

The NRC radar altimeter's impact on forest inventories can be summed up as follows: Once the aerial photographs are available, work on accurately evaluating forest stands in Quebec can continue 24 hours a day if necessary. Key areas can be sampled more intensively and the data checked and rechecked — all in the relative comfort of the laboratory. S/D

nouvel altimètre ...

territoire forestier sera divisé en 30 zones d'inventaire dont trois seront inventoriées annuellement. Cette année, on commencera par les Cantons de l'est, de Charlevoix et d'Eastman, à l'est de la Baie James. Puis on établira la carte forestière des régions du Bas-Gatineau et de Mistassini en prévision des échantillonnages qui se feront en 1971.

Des essais sur des carrés d'un dixième d'acre couverts d'épinettes noires et de sapins ont donné des résultats impressionnants. Une caméra de distance focale de 24 pouces (610 mm) et l'altimètre radar ont été montés sur un bimoteur volant à 1 500 pieds, les gouvernes étant actionnées par un pilote automatique inertielle. Les mesures de la hauteur des tiges, selon des photographies de 9 x 9 pouces au 1/792^e, par la méthode de la parallaxe stéréoscopique a fourni, en moyenne, pour des tiges de 50 pieds de hauteur, des valeurs numériques ne s'écartant que de 5% des mesures faites en forêt. Quant au dénombrement des tiges de dimension commerciale (DHP supérieur à quatre pouces), la sous-estimation obtenue par la photographie ne s'écartait pas beaucoup du nombre de tiges existant sur le terrain.

"Les résultats obtenus en conjugant l'altimètre radar à la photographie aérienne sont des plus encourageants", nous a dit M. Rinfret. Et il a ajouté: "Il faut noter que ces résultats sont le fruit d'une méthode qui n'était pas encore entièrement au point. L'expérience acquise durant ces travaux et des recherches exécutées depuis ont permis de déceler les causes de certaines imperfections, causes qu'il est possible d'éliminer ou de limiter. On espère évaluer la hauteur moyenne à 2% près. On espère aussi avoir un dénombrement plus précis.

Grâce à l'altimètre mis au point au CNRC et aux photographies aériennes, il est possible d'évaluer le bois sur pied avec précision. De plus, pour des régions importantes, on peut augmenter l'intensité du sondage et vérifier les résultats sans avoir à aller sur le terrain.

S/D



Monsieur Ray Westby de la Division de génie électrique inspecte l'antenne du radar-altimètre qu'il a mis au point. Ce radar-altimètre émet un signal d'environ 4 200 MHz. Avec une très grande antenne on peut tout aussi bien employer des signaux de fréquence moindre, mais c'est bien du poids pour un avion léger . . .

Ray Westby of NRC's Radio and Electrical Engineering Division examining dish antenna of radar altimeter he developed. This radar altimeter emits a rather high frequency radar signal which eliminates the need for a large antenna. For a light plane this latter requirement puts a strain on more than just the budget . . .

