

J. S. B. FOR 23

# SCIENCE DIMENSION

Vol. 1 No 5, December - décembre 1969



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

# SCIENCE DIMENSION

VOL. 1 No. 5, DECEMBER 1969

VOL. 1 No. 5, DÉCEMBRE 1969

The December, 1969, issue of Science Dimension is devoted to a number of articles describing some of the National Research Council's direct and indirect links with aerospace research. These links include research in Council laboratories, financial and technological assistance to industry and grants of various types to universities and university professors.

This issue of Science Dimension also coincided with the December, 1969, visit to Ottawa of the first astronauts to land on the Moon. While in Ottawa, Neil Armstrong and Edwin Aldrin, who made the landing, and Michael Collins, who flew the command module, were guests of the Government of Canada under whose auspices NRC was given responsibility for coordinating the visit.

Le numéro de décembre 1969 de Science Dimension est consacré à une série d'articles reflétant l'intérêt que le Conseil national de recherches porte à la recherche aérospatiale et qu'il manifeste sous la forme de recherches dans ses propres laboratoires, d'aide financière et technique à l'industrie et, enfin, de subventions diverses aux universités et aux professeurs.

La parution de ce numéro a également coïncidé avec la visite à Ottawa, en décembre 1969, des cosmonautes s'étant posés les premiers sur la lune. Au cours de leur séjour dans notre capitale, Neil Armstrong et Edwin Aldrin, qui ont foulé le sol de notre satellite, et Michael Collins, resté en orbite dans le module de commande, ont été les hôtes du gouvernement canadien qui délégua au Conseil national de recherches la responsabilité de l'organisation de leur visite.

## CONTENTS — SOMMAIRE

- 4 Gauge placed on moon based on NRC design
- 5 Jauge de conception canadienne sur la lune
- 8 New wind tunnel for aerospace industry
- 9 Nouvelle soufflerie pour l'industrie aérospatiale
- 12 Canadians active in space research
- 13 Recherche spatiale au Canada
- 16 Mirror structures for orbiting telescopes
- 17 Supports de miroirs sur télescopes satellisés
- 18 "Fingerprints" of the stars
- 19 Les "empreintes" des étoiles
- 24 Silencing the noisy jet
- 25 Des réacteurs . . . silencieux
- 28 High altitude turbulence research
- 29 La turbulence en air clair

Cover photograph: Aurora at Churchill, Man., by S. H. Urich of NRC.  
Photo credits: Magnetron gauge, NASA; ISIS A & B, RCA; Orbiting telescope, UBC; Brooke's Comet, Yerkes Observatory; Spiral Nebula, Mount Wilson Laboratory.

Notre couverture: Aurore boréale photographiée à Churchill, au Manitoba, par S. H. Urich du Conseil national de recherches du Canada.

Illustrations: jauge magnétronique (NASA); ISIS A et B (RCA); télescope satellisé (UBC); Comète de Brooke (Observatoire Yerkes); nébuleuse spirale (Observatoire du Mont Wilson).

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, NRC, Ottawa 7, Canada. Téléphone: (613) 993-9101.



The STEM (Storable Tubular Extendible Member) antenna was successfully flown on every Gemini Space Craft launched by the U.S. National Aeronautics and Space Administration. The essential feature of this antenna is the application of a principle invented by NRC whereby a flat strip of resilient spring material is unwound from a storage drum to form a tubular shape of high strength. This photograph shows how the boom antenna, developed and manufactured by Spar Aerospace Products Ltd., Malton, Ont., was used to extend the radar transponder antenna and RF (radio frequency) line from the Agena docking vehicle for history's first space rendezvous.

Le support d'antenne STEM, inventé au CNRC et monté sur les "Gemini" de la NASA, a donné entière satisfaction. Ce support est constitué d'une longue bande flexible enroulée sur un tambour pour réduire son encombrement au minimum. Une fois en orbite, on laisse la bande se dérouler d'elle-même et former une longue tige tubulaire très rigide pour son poids. Sur cette photographie, on peut voir comment cette poutre, construite par la compagnie Spar Aerospace Products Limitée, de Malton, dans l'Ontario, soutient l'antenne du répondeur radar et de la radio du véhicule Agena lors du premier rendez-vous spatial.

# *Instrument based on Canadian design placed on moon by Apollo 12*

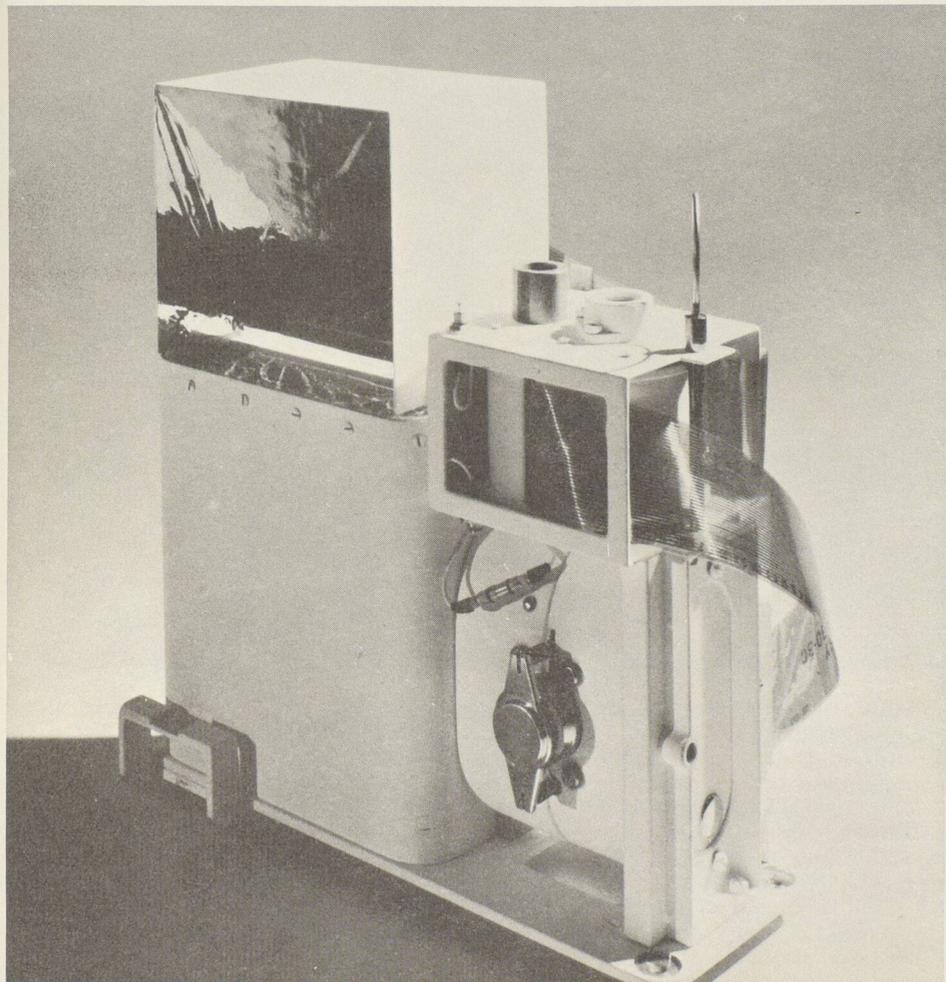
The major experimental task of the Apollo 12 astronauts was the successful deploying of ALSEP (Apollo Lunar Surface Experiments Package) on the surface of the Moon. The package consists of a variety of instruments including a magnetometer, a seismograph, a suprathreshold-ion detector, a magnetron gauge and an instrument for a solar wind experiment. They are powered by a single generator and are hooked to a central telemetry station which is transmitting to receiving stations on earth the information they are gathering on the lunar environment, particularly the physics and chemistry of the moon's surface, along with measurement of its magnetic field.

The suprathreshold-ion detector (SIDE) and the magnetron gauge in a sense are companion instruments although they perform two different jobs. The detector is located some 55 feet from the central telemetry station and about 80 feet from the magnetometer

because it contains a magnet with a strong magnetic field which might interfere with the magnetometer. It stands on a mat of wire mesh in order to prevent any magnetic or electric field emanating from the moon interfering with its performance.

The detector is measuring ions that are believed to compose a low-lying ionosphere just above the moon's surface. The astronauts aligned a slit at the top of this instrument with the ecliptic – the path of the sun – because in that position the instrument's delicate sensors will be least exposed to the heat of the sun.

The magnetron gauge, sometimes called a cold cathode gauge, also is located on the mat of wire mesh on which the ion detector rests. This instrument which the astronauts have dubbed "Sidekick", is about four feet from the detector to which it is connected by a round cable. —>



The magnetron gauge (lower right) formed part of the suprathreshold-ion detector package until it was placed on the surface of the moon. It was removed from the package and placed about four  
← feet from the detector.

*La jauge magnétronique (en bas, à droite) faisait partie du détecteur d'ions suprathérmiques jusqu'au moment où elle a été déposée sur le sol lunaire à quatre pieds environ du détecteur.*

The three main components of the magnetron gauge. Left – the spark-plug-like gauge seated in oval-shaped magnet. Right – the gauge and magnet seated in magnetic shield. —>

*Les trois principales composantes de la jauge magnétronique: à gauche, la jauge dans son aimant ovale; à droite, la jauge et l'aimant dans le blindage magnétique.*

# *Instrument de conception canadienne amené sur la lune par Apollo 12*

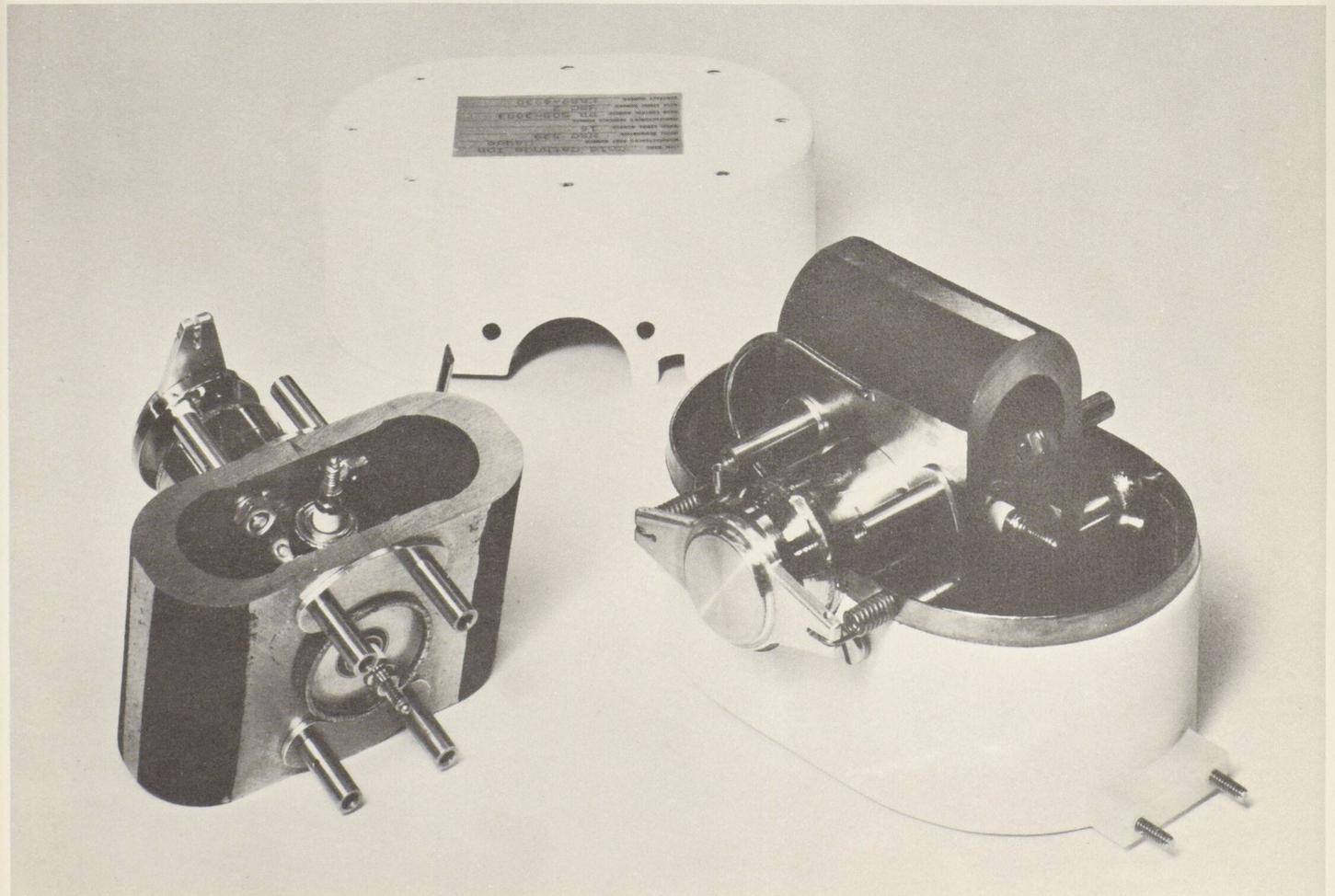
La principale mission expérimentale des astronautes d'Apollo 12 consistait à mettre en place les appareils d'étude de la surface lunaire, appelés ALSEP, qui comprennent un magnétomètre, un sismographe, un détecteur d'ions suprathermiques, une jauge à cathode froide appelée aussi jauge magnétronique, et un appareil de mesure du vent solaire. Tous ces appareils sont reliés à une source d'énergie unique et à une station de télémesure centrale qui transmet à la terre les renseignements obtenus sur l'ambiance lunaire et plus particulièrement sur le champ magnétique et les phénomènes physiques et chimiques ayant lieu à la surface de la lune.

Le détecteur d'ions suprathermiques (SIDE) et la jauge magnétronique fonctionnent ensemble quoique leur mission soit différente. Le détecteur est placé à 55 pieds de la station de télémesure et à environ 80 pieds du

magnétomètre car il renferme un aimant puissant qui pourrait perturber le fonctionnement de ce dernier. Il est aussi placé sur un grillage pour qu'un champ magnétique ou électrique d'origine lunaire ne l'influence pas.

Le détecteur mesure les ions qui, croit-on, composent une ionosphère basse juste au-dessus de la surface lunaire. Les astronautes ont calé une fente, aménagée à la partie supérieure de cet instrument, dans le plan de l'écliptique c'est-à-dire dans le plan contenant la trajectoire du soleil, afin que les capteurs du détecteur soient le moins possible exposés à la lumière solaire.

La jauge magnétronique est placée sur le même grillage. Cet instrument que les astronautes ont appelé "Sidekick" se trouve à environ quatre pieds du détecteur auquel il est relié par un câble. —>



## ***magnetron gauge***

Canada has a special interest in the magnetron gauge because it is based on an instrument developed by the Electron Physics Section of the Radio and Electrical Engineering Division of the National Research Council of Canada. The gauge is one of a family of instruments developed by the Section in the last decade under Dr. P. A. Redhead for low pressure production and measurement through the use of ultra-high vacuum techniques.

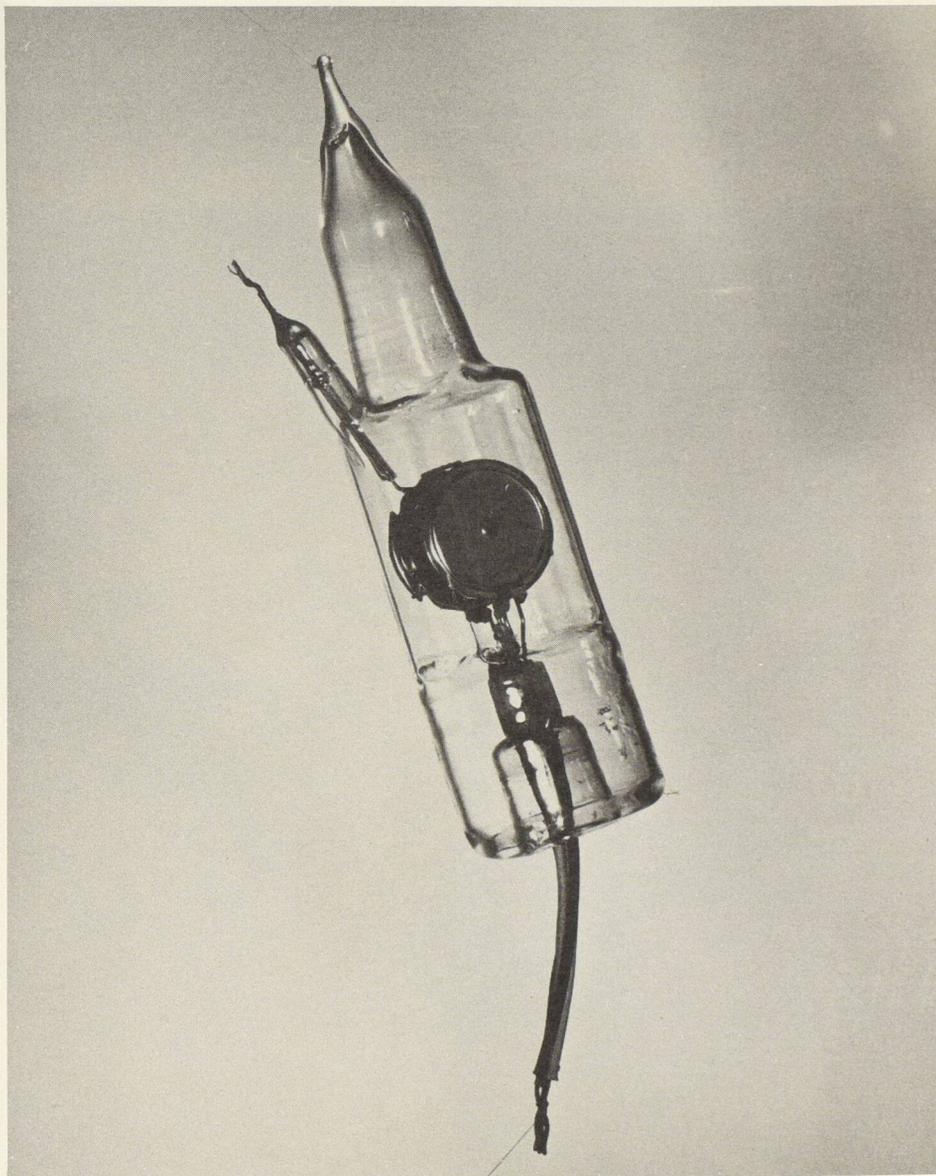
The magnetron gauge is a sort of satellite of SIDE – a tiny experiment the size of a kitchen match box. It is measuring the density of the lunar atmosphere (vacuum level), and should help to determine more fully the effect of the solar wind on the lunar atmosphere.

Present theories hold that the solar wind tends to sweep away all light gases, leaving an atmosphere composed almost entirely of very heavy inert gases such as krypton and xenon. These are believed to originate from radioactive decay of material on the Moon's surface. If sufficient measurements can be obtained, it may be possible to place an upper limit on the strength of the solar wind. Space scientists hope this will serve to some degree to verify existing theories currently in conflict to some extent.

The magnetron gauge placed on the Moon by the Apollo 12 crew was built by Norton Research Corporation, Cambridge, Mass., under direction of Frank L. Torney. Mr. Torney also built another version of the gauge which was aboard the U.S. Explorer 17 satellite. □

Prototype of magnetron gauge developed by NRC's Radio and Electrical Engineering Division.

*Prototype de la jauge magnétronique du Conseil national de recherches du Canada.*



## ***instrument . . .***

Le Canada est tout spécialement intéressé par la jauge magnétronique parce qu'elle est basée sur un instrument mis au point par la Section de physique électronique de la Division de radio et d'électrotechnique du Conseil national de recherches du Canada. Le Dr P. A. Redhead nous a dit que cette jauge appartient à une série d'instruments mis au point par sa section au cours de la dernière décennie dans le but de produire et de mesurer des basses pressions par la technique de l'ultra-vide.

La jauge magnétronique est une sorte de satellite de SIDE et ses dimensions sont celles d'une grosse boîte d'allumettes. Elle devrait permettre de déterminer avec plus de précision l'influence du vent solaire sur cette atmosphère lunaire dont elle mesure la densité, elle-même très proche du vide.

Les théories actuelles laissent penser que le vent solaire a tendance à balayer tous les gaz légers de la surface lunaire dont l'atmosphère serait composée presque entièrement de gaz inertes très lourds. Ces gaz proviendraient de la radioactivité des matériaux de la surface lunaire. Si les données recueillies sont suffisantes, on pourra déterminer la force maximum du vent solaire. Les chercheurs espèrent que les résultats de ces expériences permettront de déterminer, parmi les théories qui s'opposent parfois, celles qui sont valides.

La jauge magnétronique placée sur la lune par l'équipage d'Apollo 12 a été construite par la compagnie Norton Research Corporation de Cambridge, au Massachusetts, aux Etats-Unis, sous la direction de Frank L. Torney qui en a fabriqué une autre version embarquée sur le Satellite américain Explorer 17. □

*Schéma de la disposition de ALSEP sur le sol lunaire. La jauge magnétronique est le petit objet au premier plan en avant de l'astronaute qui dépose le détecteur d'ions suprathermiques sur le grillage. La jauge y sera aussi placée.*

Artist's conception of the deploying of ALSEP on the surface of the moon. The magnetron gauge is the small object in the immediate foreground in front of the astronaut who is lowering the suprathermal-ion detector onto the wire mesh mat. The gauge also will be placed on the mat.



# ***NRC completes new facility for development of V/STOL aircraft***

Canada's aerospace industry has an important new research tool in the National Research Council of Canada's recently completed 30-foot low-speed wind tunnel.

Seven years in planning and construction, the \$7,000,000 test facility spreads like a huge white rectangular doughnut over three acres of land on the outskirts of Ottawa's Uplands Airport. With a working area or test section of 30 feet square, it is among the top six in size in the world today. It is the largest of a new generation of low-speed wind tunnels built or initiated in the 1960's and designed almost exclusively for applied research and development testing of models of vertical and short take off and landing (V/STOL) aircraft.

There is a particular need in Canada and in other countries for V/STOL aircraft. They combine efficient cruise features of current transport aircraft with the advantages of being able to take off and land from small rough sites. This flexibility, combined with high cruise speeds, offers challenging opportunities in both remote and densely populated regions.

In Canada the only available large wind tunnels are operated by NRC in Ottawa. In this respect Canada is unique among Western nations in centralizing industrial aerodynamic testing facilities within Federal Government laboratories in order to aid its aerospace companies to meet world wide competition.

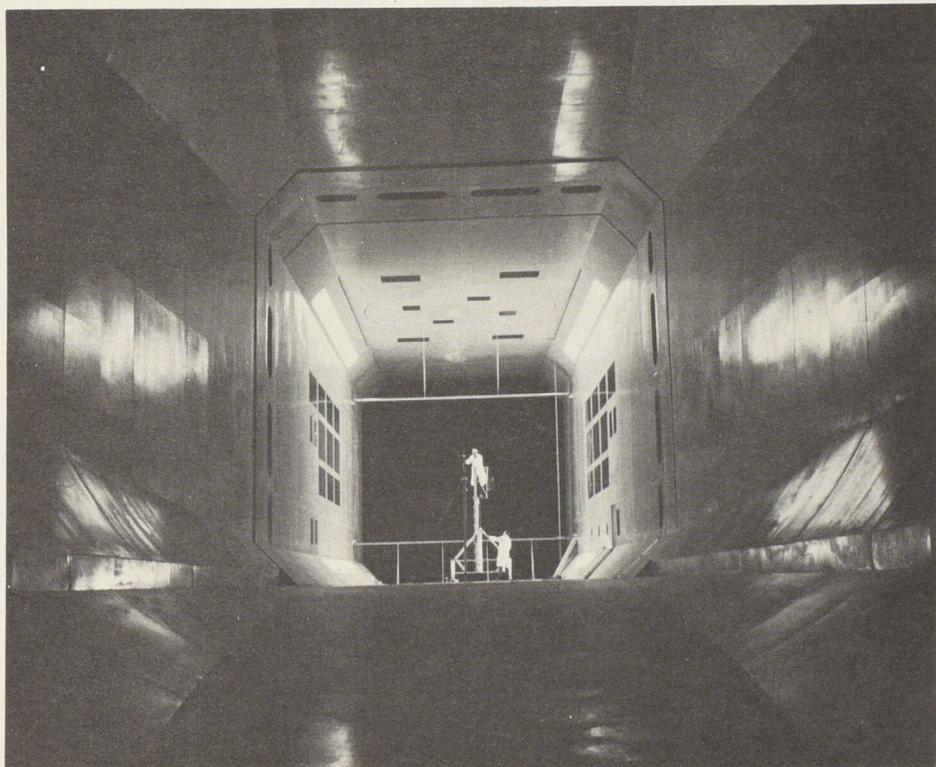
NRC's subsonic and supersonic wind tunnels have played a substantial role in the design of nearly every aircraft that has been developed in Canada over the last 20 years, and of a number of preliminary designs that never reached or completed their development stage. During this period, the total value of aircraft whose design and development were supported by aerodynamic investigations in NRC wind tunnels approximates two billion dollars. The aerospace industry currently stands second among industries exporting fully finished products. Some well known Canadian aircraft whose design or development was based on NRC wind tunnel tests include the Avro CF-100 fighter, C-102 Jetliner, CF-105 Arrow, the Canadair North Star, CL-28 Argus, CL-41 Tutor,

CL-44 Yukon, the CL-84 Tilt-Wing V/STOL, CL-215 Water Bomber and the DeHavilland Chipmunk, Otter, Caribou, Buffalo and Twin Otter.

While Canadian companies have always been in the forefront of V/STOL design and development, competition has become increasingly severe. In 1962, feeling that the state of the art was being stretched to the point where the then-largest low-speed wind tunnel (a six-by-nine-foot low-speed tunnel) was inadequate, the major Canadian aerospace manufacturers came to NRC with the suggestion that a larger wind tunnel be built. Their argument was that more sophisticated design necessitated more accurate aerodynamic measurement. The 30-foot test section tunnel was chosen as the one most likely to reproduce adequately the complex flow field around a V/STOL aircraft in sustained slow flight since its walls would be sufficiently far away from the large powered models required in such tests to largely eliminate what is known as the "wall effect". →

Technicians work on model support struts linked to the mechanical balance in the tunnel's 30-foot square working section.

*Techniciens au travail sur les supports de maquette reliés à la balance mécanique.*



# Bientôt en service, une nouvelle soufflerie pour **ADAV** et **ADAC**

L'industrie aérospatiale canadienne va bénéficier d'une nouvelle soufflerie à basses vitesses, de 30 × 30 pieds, — une des six plus grandes souffleries du monde —, mise en service par le Conseil national de recherches du Canada.

Cette soufflerie, de forme en plan rectangulaire, couvre trois acres en bordure de l'aéroport d'Ottawa, à Uplands; elle a coûté sept années d'études et de construction et 7 000 000 de dollars. C'est la plus grande d'une nouvelle génération de souffleries à faibles vitesses, étudiées ou construites depuis 1960 presque exclusivement pour la recherche appliquée ou pour les essais et la mise au point de maquettes de machines volantes à décollage et atterrissage vertical ou court (ADAV et ADAC).

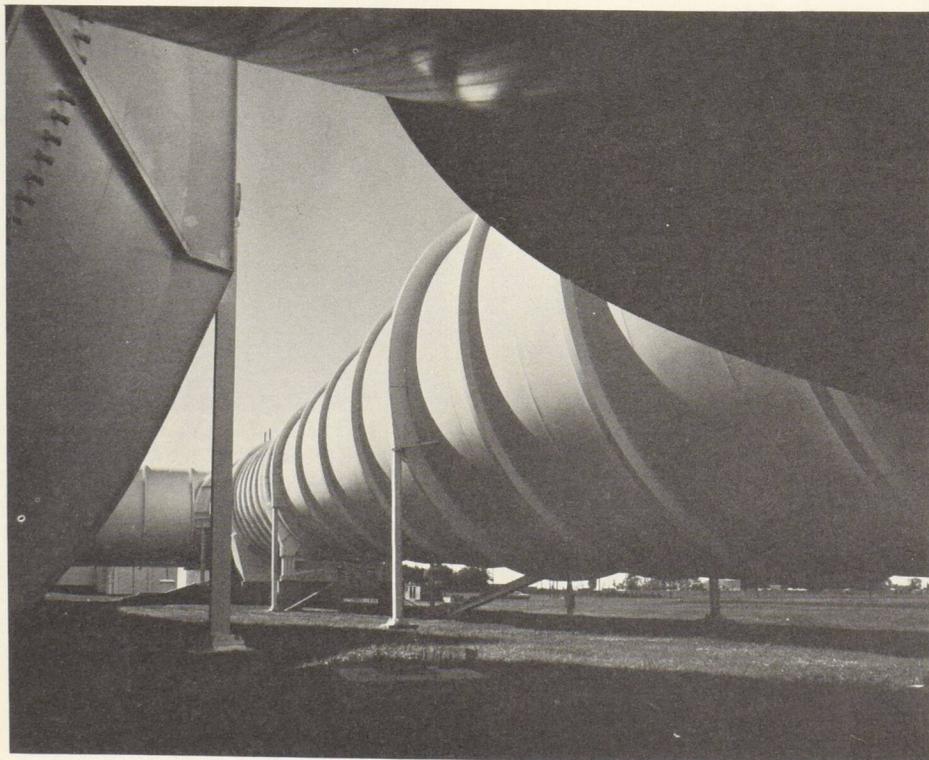
Au Canada notamment, on a particulièrement besoin de ce type de machines volantes, à vitesse de croisière élevée et pouvant décoller et atterrir sur de petits terrains non aménagés, car elles rendraient de grands services dans les zones de population dense ou pour les liaisons avec les régions éloignées isolées du reste du pays.

Les grandes souffleries canadiennes se trouvent à Ottawa et le Conseil national de recherches est chargé de leur exploitation. En ce domaine la position canadienne est unique parmi les nations libres puisque l'on a choisi de centraliser dans des laboratoires fédéraux toutes les installations d'essais aérodynamiques pouvant faciliter la tâche des compagnies aérospatiales canadiennes et leur permettre d'affronter plus aisément la concurrence internationale.

Les souffleries subsoniques et supersoniques du Conseil ont joué un rôle important lors de l'étude de presque tous les avions développés au Canada au cours des vingt dernières années; elles ont été aussi utilisées pour un certain nombre d'avant-projets n'ayant jamais dépassé le stade du développement. Au cours des vingt dernières années, la valeur totale du matériel volant dont les études et essais aérodynamiques ont été faits dans ces souffleries s'élève à deux milliards de dollars environ. L'industrie aérospatiale est la deuxième du pays parmi celles qui exportent des produits entièrement finis. Citons comme avions

canadiens dont l'étude et le développement ont été basés sur des essais dans ces souffleries: le chasseur Avro CF-100, le C-102, "l'Arrow" CF-105, l'avion de transport "North Star" de Canadair, le CL-28 "Argus", le CL-41 "Tutor", le CL-44 "Yukon", l'avion à ailes basculantes pour décollage et atterrissage vertical CL-84, le CL-215 de lutte contre les feux de forêts et les "Chipmunk", "Otter", "Caribou", "Buffalo" et "Twin Otter" de la compagnie DeHavilland.

Les compagnies canadiennes ont toujours été à l'avant-garde des études et du développement d'ADAV et d'ADAC mais la concurrence est devenue de plus en plus serrée. En 1962, la plus grande soufflerie à basses vitesses avait une section de 6 × 9 pieds et les principaux constructeurs aérospatiaux du Canada pensaient que ces faibles dimensions interdisaient tout progrès appréciable dans ces nouveaux domaines. Ils sont donc venus au Conseil pour proposer que l'on construise une plus grande soufflerie et ils ont fait valoir que la mise au point de machines plus compliquées nécessitait des mesures plus précises. On a choisi —>



*Vue du tube du circuit de retour.*

Outside view of a section of the rectangular wind tunnel.

## wind tunnel

The 30-foot wind tunnel circuit is a large steel shell which carries the air flow around four corners. The air is driven by a 9,000 horsepower electric motor and a fan with a 38-foot diameter. The largest part of the shell is the "Settling Chamber". This has an inside diameter of 82 feet. Here the air flow is brought to a predetermined temperature through a heat exchanger grid employing a water recirculation system. Here also, a pair of fine mesh wire screens are employed across the tunnel to smooth large eddies and reduce air turbulence to a minimum before the flow enters the test section.

The facility has two buildings. One houses the fan motor. The other is the four-storey laboratory building which provides space for the control room, three offices, maintenance shop, instrumentation laboratory, model preparation room, model servicing room, balance bay and storage rooms.

When a model arrives it is first assembled. Then a ten-ton rooftop crane lifts it to the top of the building. The roof of the test section slides to one side allowing the model to be lowered onto model support struts linked to a six-component mechanical balance. This balance separates the total load on the model under test into six parts. It measures lift, drag or thrust (if the power plant of the model is working) and side force caused by aircraft side-slip. It also measures yaw, pitch and roll.

These and other measurements including model attitude, power and pressures are made automatically and fed to a central computing facility. The computer converts raw data into results applicable to the fullscale aircraft design.

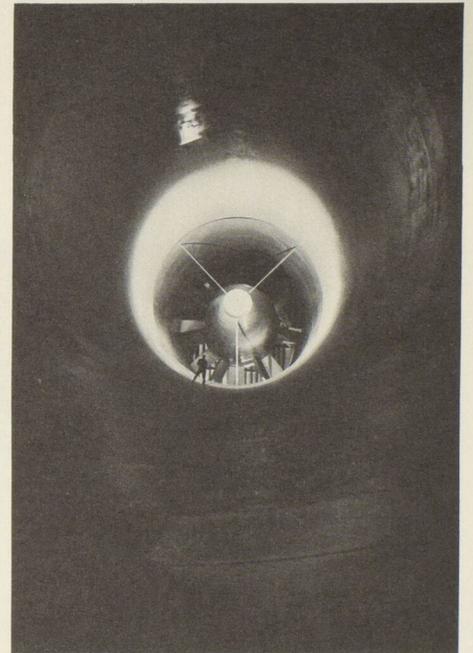
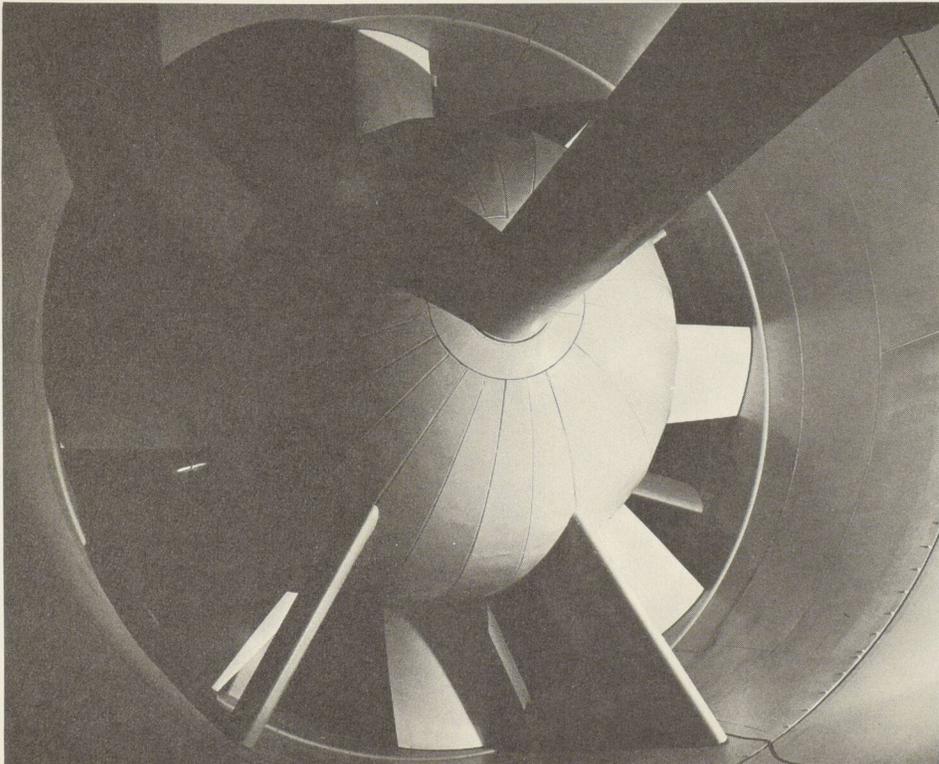
H. H. Kelland, Wind Tunnels Superintendent of the Low Speed Aerodynamics Section of NRC's Na-

tional Aeronautical Establishment, expects 1970, the first full year of operation, to be a busy one. Tunnel time is almost completely booked. Companies which will use the tunnel include DeHavilland Aircraft Limited, Canadair Limited and Douglas Aircraft Company of Canada Limited.

R. J. Templin, Head of NAE's Low Speed Aerodynamics Section, says "it is difficult to separate our section's contributions from those of the aircraft companies. We certainly haven't been responsible for any basically new aircraft inventions, but over the years we have done a considerable amount of background research that has proven of considerable value in V/STOL development. However, I feel our major effort has gone into the provision and operation of the experimental facilities and with this particular structure you might say we're pioneering a little bit." □

View of the huge driveshaft connected to the tunnel's 38-foot diameter fan.

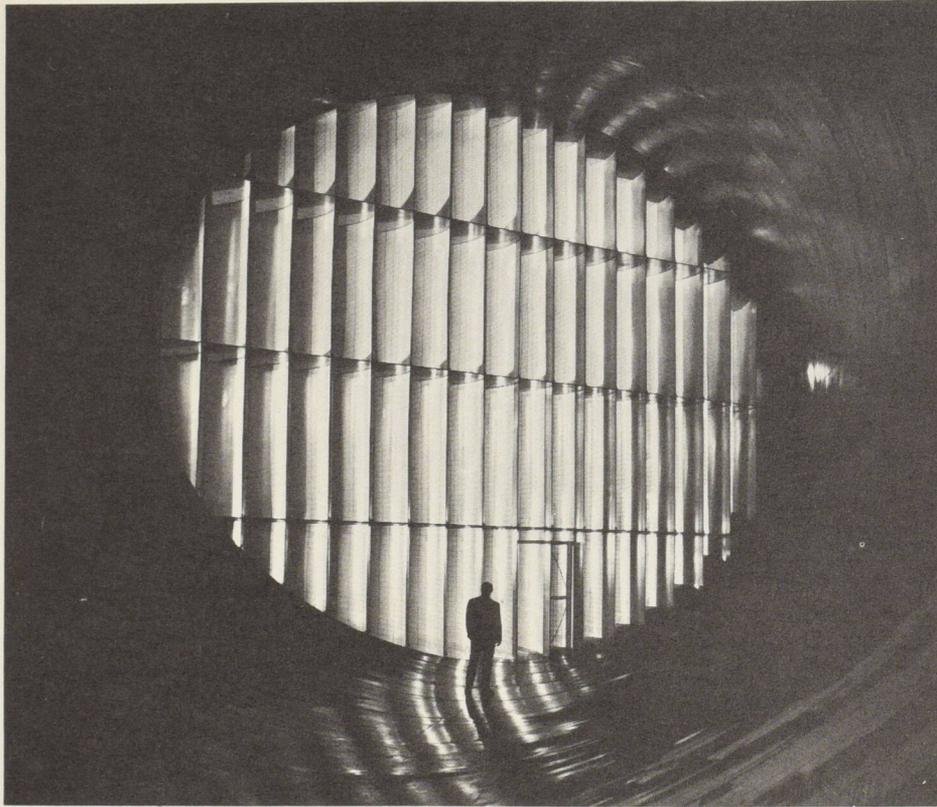
*Vue de l'arbre reliant le moteur au ventilateur de 38 pieds de diamètre.*



The 30-foot tunnel's 38-foot diameter fan dwarfs technician standing in front of it.

*Le ventilateur, de 38 pieds de diamètre (11.5m), de la soufflerie de 30 pieds (9m.)*

## ADAV, ADAC...



*Vue des aubages déviant l'écoulement dans l'un des quatre coudes de la soufflerie.*

A series of baffles are used to carry the air flow around the tunnel's four corners.

une veine d'essais de 30 pieds pour s'assurer que l'écoulement complexe autour d'une maquette d'ADAV ou d'ADAC serait bien reproduit sans que la proximité des parois risque de perturber l'écoulement lors de vols au point fixe de grandes maquettes motorisées.

L'air est mis en mouvement dans le circuit en acier, à quatre coudes, par un moteur électrique de 9 000 chevaux entraînant un ventilateur de 38 pieds de diamètre. La partie la plus grande de l'enceinte est la chambre de tranquillisation, d'un diamètre intérieur de 82 pieds, où l'air est porté à une température choisie en traversant une grille jouant le rôle d'échangeur thermique grâce à un circuit interne parcouru par de l'eau à la température appropriée. Deux grillages fins détruisent les tourbillons et réduisent la turbulence au minimum.

De l'extérieur on remarque deux bâtiments, l'un abritant le moteur du ventilateur et l'autre, de quatre étages, comportant la chambre des commandes, trois bureaux, un atelier d'entretien, un laboratoire d'instrumentation, une chambre de préparation des maquettes, une autre pour leur entretien

et un magasin pour les balances et les pièces détachées.

Les maquettes, une fois assemblées, sont élevées au-dessus de la veine d'essais par un treuil sur rails de dix tonnes, puis le plafond de la veine d'essais glisse sur le côté et la maquette est descendue dans la veine où elle est posée sur des supports en "chandelles" reliés à une balance mécanique à six composantes. Cette balance décompose donc la résultante aérodynamique en trois forces (la portance, la traînée, — ou la poussée si les moteurs de la maquette fonctionnent —, et la force transversale ou force de dérapage) et en trois moments (tangage, roulis et lacet).

On fait aussi des mesures de l'assiette, ou "attitude", de l'appareil, de la puissance utilisée à bord de la maquette et des pressions; ces données expérimentales sont automatiquement envoyées dans un centre de calcul numérique central où elles sont transformées en résultats utilisables pour l'étude de l'avion à l'échelle grandeur.

Monsieur H. H. Kelland, chef des souffleries à basses vitesses de l'Etablissement aéronautique national du Conseil national de recherches du Ca-

nada, pense que cette soufflerie sera tout à fait opérationnelle en 1970 et que l'année sera très chargée puisque presque toutes les journées de travail sont déjà retenues.

Parmi les compagnies qui se proposent d'utiliser la soufflerie citons: DeHavilland Aircraft, Canadair et la Douglas Aircraft Co. of Canada.

M. R. J. Templin, chef de la section de l'aérodynamique des basses vitesses à l'Etablissement aéronautique national, nous a dit: "c'est difficile de bien délimiter notre contribution par rapport à celle des constructeurs. Nous n'avons certainement pas fait d'inventions fondamentalement nouvelles dans le domaine des machines volantes mais, avec le temps, nous avons fait beaucoup de recherches qui se sont révélées d'une importance considérable pour le développement et la mise au point des ADAV et des ADAC", et il a poursuivi; "je pense que si notre effort principal n'a porté que sur la conception, la construction et l'exploitation d'installations expérimentales, nous avons quand même fait un peu œuvre de pionniers en construisant cette soufflerie d'un caractère spécial". □

# Balloons, rockets and satellites

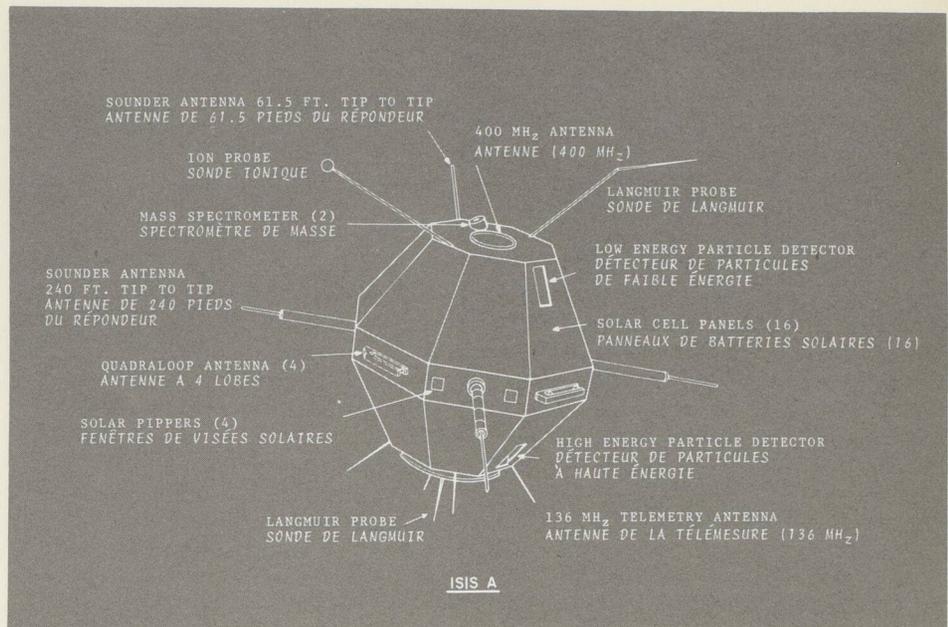
## Study earth's atmosphere

Man has only a limited knowledge of the earth's environment. He knows most about the troposphere which contains about three-quarters of the mass of the atmosphere and extends to an altitude of from five to 10 miles. Less is known about the stratosphere, located 35 to 40 miles above the earth, and the ionosphere which lies above the stratosphere and extends to an altitude of some 600 miles. Even less is known about the magnetosphere which extends from the ionosphere out to about 40,000 miles and is the region in which the earth's magnetic field dominates the motion of electrically charged particles.

The National Research Council of Canada's Associate Committee on Space Research provides a national forum where scientists from universities, industry and government laboratories discuss matters of common interest in the field of space research. The term "space research" covers a broad spectrum of activities in which there is at present much international interest, both scientific and technological. Canadian scientists have participated actively in a number of areas in this highly competitive field and considerable success has been achieved.

The Committee has been particularly involved in promoting and coordinating space research using rockets and large balloons. Scientists in ten universities and two government agencies subsidized by NRC grants are carrying out space experiments in a variety of subjects, including X-ray astronomy, micrometeorite detection, studies of the composition and properties of the upper atmosphere and studies of the many effects, ranging from the Van Allen radiation belts to magnetic storms, that result from the bombardment of the earth by various kinds of radiation from the sun. Many of these studies involve co-operative experiments with university and government scientists participating equally and sharing common facilities. Development of techniques and hardware is conducted in the universities, industry and in government laboratories.

Scientists wishing to conduct a rocket or balloon experiment submit an experiment proposal to the Scientific Evaluation Panel of the Associate Committee on Space Research. The Panel performs an impartial evaluation



of the proposal and either accepts or rejects it. The acceptable experiments are then integrated into the over-all program and the rocket, the payload engineering, and the launch are funded through NRC's Space Research Facilities Branch, while the experimental package is supplied by the scientists.

When ISIS B, Canada's fourth satellite, is launched in 1970, photometers developed by two Canadian universities with NRC grants, will be aboard. An NRC grant of \$175,000 to the University of Calgary for 1969-70, has assisted research work on two flight models of an auroral scanning photometer. This experiment is designed to transmit data in a form which can be converted directly into pictures on an oscilloscope, providing a TV-type display of the aurora at specific wavelengths of light. During 1967-68 and 1968-69 the University received a total of \$250,000 from the Council for this project.

A similar grant of \$175,000 to the University of Saskatchewan for 1969-70, and previous grants of \$150,000 during 1967-68 and 1968-69, have aided work on an oxygen red line photometer. The experiment is designed to detect nightglow, twilightglow, dayglow, aurora, mid-latitude arcs and tropical arcs. Data obtained from these and other experiments should lead to interpretation of certain hitherto unexplained phenomena. →

Schematic of ISIS A Satellite. It has a diameter of 50 inches, a height of 41 inches and weighs 525 pounds.

*Schéma du satellite ISIS A, de 50 pouces de diamètre (1.27m), de 41 pouces de hauteur (1.04m) et pesant 525 livres (238 kg.).*

# Ballons, fusées et satellites dans la haute atmosphère

L'homme n'a que des connaissances limitées sur l'atmosphère et elles se rapportent surtout à la troposphère, s'élevant jusqu'à cinq à dix miles et qui contient les  $\frac{3}{4}$  de la masse atmosphérique. Il connaît beaucoup moins la stratosphère atteignant 35 à 40 miles d'altitude et l'ionosphère s'étendant jusqu'à 600 miles de la terre environ. Ses connaissances sont encore limitées sur la magnétosphère qui s'étend jusqu'à une altitude d'environ 40 000 miles et qui est la région dans laquelle le mouvement des particules chargées est dominé par le champ magnétique terrestre.

Le Comité associé des recherches spatiales du Conseil national de recherches du Canada constitue un foyer d'activité où les chercheurs des universités et ceux des laboratoires de l'industrie et du gouvernement peuvent s'entretenir des questions d'intérêt commun dans le domaine de la recherche spatiale. Le terme "recherche spatiale" couvre un domaine très large auquel tous les pays s'intéressent tant du point de vue technologique que scientifique. Les savants canadiens ont été particulièrement actifs dans certains domaines de cette recherche où la concurrence est bien connue et où ils ont parfaitement réussi.

Le Comité a particulièrement encouragé le développement et la coordination de la recherche spatiale au moyen de fusées et de gros ballons. Les chercheurs de dix universités et de deux organismes gouvernementaux subventionnés par le Conseil national de recherches étudient notamment l'astronomie par rayons-X, la détection des micrométéorites, la composition et les propriétés de la haute atmosphère et les effets des radiations solaires, allant des ceintures de Van Allen aux tempêtes magnétiques. Beaucoup de ces études signifient que les chercheurs de l'Etat et des universités doivent faire des expériences en collaboration et partager des installations communes. La mise au point des techniques et du matériel se fait dans les universités, dans l'industrie et dans les laboratoires gouvernementaux.

Les scientifiques désirant se livrer à une expérience à l'aide d'une fusée ou d'un ballon doivent soumettre leur proposition à la commission d'évaluation scientifique du Comité associé des recherches spatiales. Cette commission

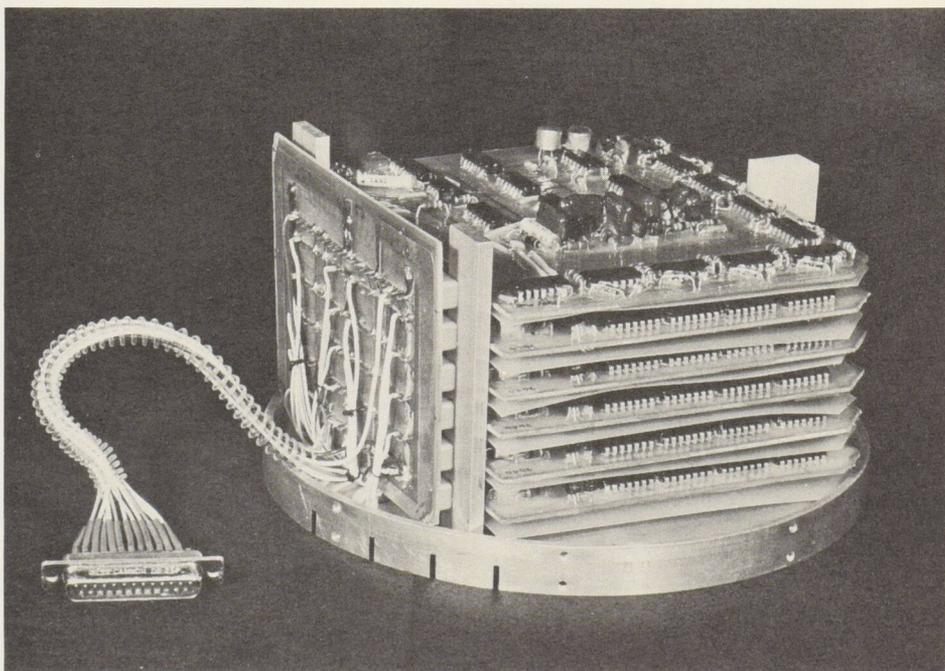
évalue impartialement la proposition et l'accepte ou la rejette. Les expériences acceptées sont ensuite intégrées dans un programme global et la fusée, le montage des charges utiles et leur mise en place à bord de la fusée ainsi que le lancement, sont financés par la Direction des installations de recherche spatiale du Conseil tandis que les appareils constituant les charges utiles sont fournis par les scientifiques.

Lorsque ISIS B, quatrième satellite canadien, sera lancé en 1970, des photomètres développés par les universités canadiennes grâce aux subventions du Conseil seront montés à bord. Une subvention de 175 000 dollars à l'Université de Calgary pour l'année 1969-1970 a permis de faire des travaux de recherches sur deux maquettes volantes d'un photomètre de balayage auroral. Cet appareil est conçu pour convertir directement les données en une image de l'aurore sur des longueurs d'ondes précises du visible. Pendant les années 1967-68 et 1968-69 l'université a reçu du Conseil un total de 250 000 dollars pour ce travail.

Une subvention semblable à l'Université de Saskatchewan, de 175 000 dollars pour l'année 1969-1970 et de 150 000 dollars pour les deux années précédentes, ont permis de travailler sur un photomètre utilisant la ligne rouge de l'oxygène. L'appareil est —>

*Equipement électronique stockant et codant les données des détecteurs de particules à bord des fusées Black Brant.*

Electronic equipment used in Black Brant rockets to store and encode information received from particle detectors.



## space research



One of two 240-foot antennae on ISIS A being tested prior to launch last January. In orbit, these NRC developed antennae uncurl like steel measuring tapes. They are on all Canadian satellites and were used on the U.S. Gemini space craft.

*Essais, avant lancement en janvier dernier, de l'une des antennes de 240 pieds de ISIS A. Lorsque le satellite est en orbite ces antennes du CNRC se déroulent et forment une tige tubulaire rigide. Elles sont montées sur tous les satellites canadiens et l'étaient sur Gemini.*

Two divisions of the Council have had instrument packages aboard rockets and satellites for studies of the upper atmosphere. Payloads aboard rockets from the Radio and Electrical Engineering Division are aiding in the study of plasma properties of high latitude aurora, micrometeorites and optical emissions in the upper atmosphere.

As part of a program to learn more about the magnetosphere, the Cosmic Ray Section of the Division of Physics, has flown instrument packages aboard the Alouettes and ISIS A satellites, and also on rockets launched from the Churchill Research Range. Purpose of the study is to investigate the nature of the interaction between slow moving electrons and protons from the sun (the solar wind) and the earth's magnetic field. It is this interaction that transfers particle energy from the sun to the earth's field and which is ultimately responsible for the Van Allen radiation belts, the aurora, magnetic storms, and ionospheric disturbances which cause communications black-outs.

Another objective is to determine the location and nature of acceleration mechanisms that operate within the earth's field which convert the low energy particles from the sun to much higher energy particles. The energiza-

tion of particles in magnetized plasmas, i.e. the conversion of magnetic energy to particle energy, is probably a fundamental process that occurs throughout the universe and plays an important role in solar flares, radio galaxies, pulsars, the generation of cosmic rays, etc. An understanding of the mechanisms that occur within the earth's magnetic field where they are relatively easily observed is expected to have wide applications in many areas of astrophysics.

Analysis of data received from Alouette II seems to indicate that when the earth's magnetic axis is perpendicular to the solar wind flow, the outer regions of the radiation belt contract, suggesting that the strength of the interaction between the solar wind and the magnetic field is a maximum at these times.

"This in turn", says Dr. Ian McDiarmid, Head of the Cosmic Ray Section, "offers clues to the type of interaction that is taking place between the solar wind and the earth's field."

The location of acceleration mechanisms operating within the earth's magnetic field is being examined by determining how well the intensity of particles in one part of the magnetic field follows the intensity in another part at times of large magnetic disturbances, when it is known that particle energization occurs. Information relayed from Alouette II shows that for short periods during these disturbances, particle intensities are consistently higher on the midnight and morning sides of the earth than they are on the afternoon side. This has led to the conclusion that most of the acceleration that produces the more energetic electrons in the outer radiation belt occurs in a fairly limited region of space on the morning side of the earth, and a lower energy acceleration process operates at large distances from the earth in the midnight sector.

"Although it is still a little early for analysis of data from ISIS A", says Dr. McDiarmid, "information obtained from the Alouettes has already led to a better understanding of many of the properties of the particles in the Van Allen radiation belts, the particles associated with auroral events, and solar flare particles, the latter being a potential hazard to manned space flight." □

## haute atmosphère ...

conçu pour détecter la luminescence nocturne, ou crépusculaire, ou diurne, les aurores ainsi que les arcs aux latitudes moyennes et tropicales. Les données obtenues avec cet appareil devraient permettre une interprétation de phénomènes toujours inexpliqués.

Deux divisions du Conseil ont placé des instruments à bord de fusées et de satellites pour étudier la haute atmosphère. Les charges utiles à bord de fusées provenant de la Division de radiotechnique et d'électrotechnique contribuent à l'étude des propriétés des plasmas des aurores aux hautes latitudes, à celle des micrométéorites et des émissions optiques dans la haute atmosphère.

La Section des rayons cosmiques de la Division de physique travaille sur la partie d'un programme consistant à obtenir des renseignements sur la magnétosphère et elle a installé ses instruments à bord de fusées lancées à Churchill et des satellites Alouette et ISIS A. Le but de l'étude est d'obtenir

des données sur les interactions entre les électrons lents, les protons solaires (vent solaire) et le champ magnétique terrestre. C'est cette interaction qui transfère l'énergie des particules du soleil au champ terrestre et qui, en fin de compte, donne les ceintures de radiation de Van Allen, les aurores, les tempêtes magnétiques et les perturbations ionosphériques interrompant les communications radio.

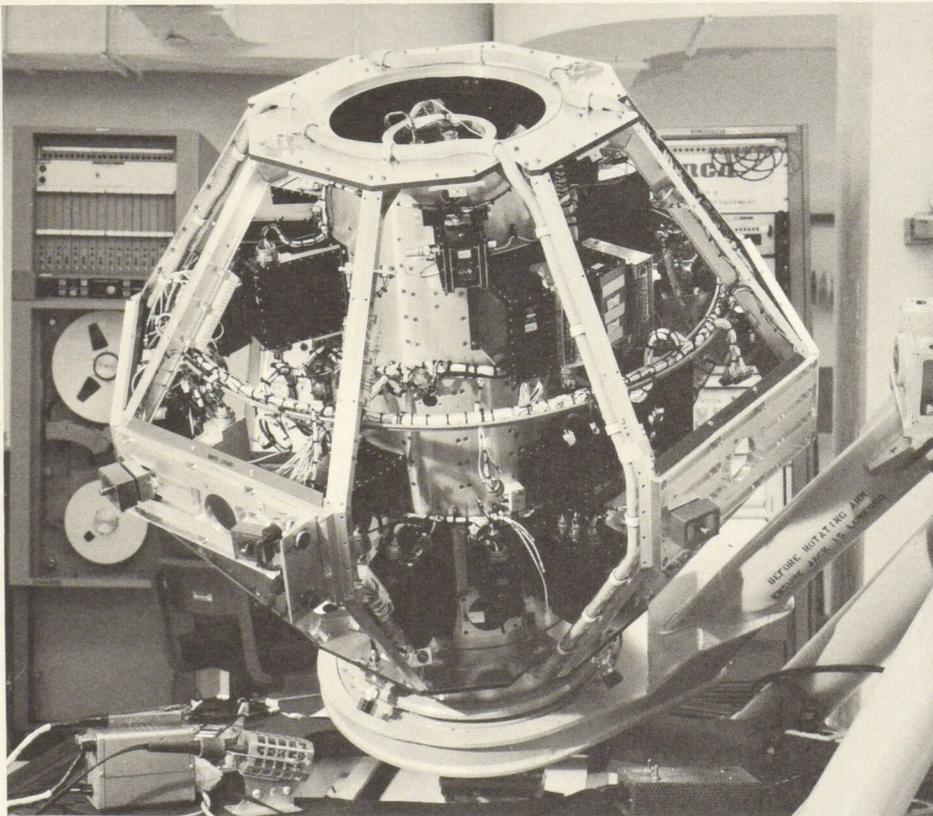
Un autre objectif est de déterminer l'emplacement et la nature des phénomènes d'accélération existant à l'intérieur du champ terrestre et qui convertissent les particules de faible énergie provenant du soleil en particules de beaucoup plus haute énergie. L'augmentation de l'énergie des particules dans les plasmas magnétiques, c'est-à-dire la conversion de l'énergie magnétique en énergie particulaire, est probablement le processus fondamental agissant d'un bout à l'autre de l'univers et qui joue un rôle important dans les éruptions solaires, les radio-galaxies,

les pulsars, la production de rayons cosmiques, etc. Une compréhension des mécanismes qui se produisent à l'intérieur du champ magnétique terrestre où ils sont relativement faciles à observer devrait, pense-t-on, avoir de grandes applications dans de nombreux domaines de l'astrophysique.

L'analyse des données fournies par Alouette II semble indiquer que lorsque l'axe magnétique de la terre est perpendiculaire au vent solaire, les régions à l'extérieur de la ceinture de radiation se contractent et, de ce fait, on peut penser que l'interaction entre le vent solaire et le champ magnétique est à son maximum à ce moment là. D'après le Dr Ian McDiarmid, Chef de la Section des rayons cosmiques: "c'est ce qui permet d'avoir des indications sur le type d'interaction entre le vent solaire et le champ magnétique terrestre".

Le lieu des phénomènes d'accélération dans le champ magnétique terrestre est étudié en déterminant jusqu'à quel point l'intensité des particules dans une partie du champ magnétique évolue par rapport à l'intensité dans une autre partie de ce champ durant de grandes perturbations magnétiques lorsque l'on sait que les particules sont accélérées. Les données fournies par Alouette II montrent que, pour de courtes durées durant ces perturbations, les intensités sont uniformément plus élevées au-dessus des régions dans la nuit ou à l'aurore qu'au-dessus des régions où c'est l'après-midi. Ceci nous a conduit à la conclusion que l'accélération donnant les électrons les plus énergétiques dans la ceinture externe de radiation a son origine dans une région assez limitée de l'espace au-dessus des régions où c'est le matin et que le processus de faible énergie s'étend sur des distances assez grandes, loin de la terre, dans le secteur de minuit.

"Quoiqu'il soit encore un peu tôt pour analyser les renseignements provenant de ISIS A", nous a dit le Dr McDiarmid, "les renseignements fournis par les Alouettes nous ont déjà conduit à une meilleure compréhension de bien des propriétés des particules des ceintures de radiation Van Allen, des particules liées aux aurores, de celles qui sont liées aux éruptions solaires et qui peuvent constituer un danger pour les cosmonautes". □



Montage du satellite ISIS B dans la "chambre propre" des installations spatiales de la compagnie RCA à Montréal.

The ISIS B satellite being assembled in the clean room of RCA's Aerospace Facility in Montreal.

# Support structures for mirrors in Orbiting telescopes

One of the next phases of the space program of the U.S. National Aeronautics and Space Administration is to place in orbit around the earth an optical telescope with a mirror about three feet in diameter.

Scientists expect that orbiting astronomical telescopes will be able to probe much farther out into the reaches of space, will be able to see heavenly objects far dimmer than can now be seen from earth and also resolve much finer details. They will provide a clearer view of the interior of the Milky Way and give scientists a more detailed insight into the mechanisms at work in typical galaxies.

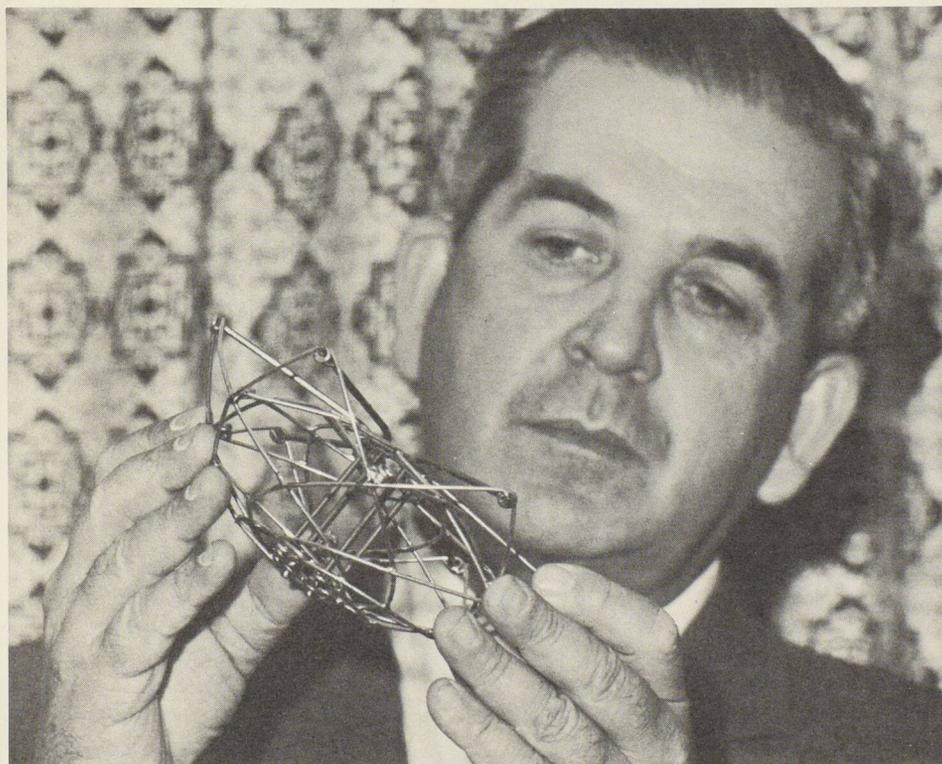
To be effective the contour of the mirror of an orbiting telescope must be accurate to an order better than one-millionth of an inch, and there must be no movement or distortion in the mirror's support structure. When the support structure and mirror are assembled on earth, its weight through gravitation pull will cause a sag in the structure. However, when the telescope is in orbit in space, gravitation force is absent and the sag is not there, causing a relative distortion in the structure.

Dr. James Duncan, Head of the Department of Mechanical Engineering

at the University of British Columbia, has undertaken a research project to develop the stiffest yet lightest support structure for mirrors to be sent aloft in orbiting astronomical telescopes. His work is being supported by an operating grant of \$10,800 awarded to him by the National Research Council of Canada.

Dr. Duncan and his staff are using an intricate automated cutting machine which does what it is told to do by a computer. They are manufacturing models of support structures in exploring variations of the "Michell Structure" – an intricate form. The objective of the work is to produce a light structure which will maintain the shape of the mirror during its manufacture and its journey into space.

The automated cutting machine has already been used to make models of the inflector for the TRIUMF accelerator and other scientists are interested in using it for making aerodynamic models. TRIUMF (Tri-University Meson Facility) is a particle accelerator for research in nuclear physics and meson physics. It will be built on the campus of the University of British Columbia and is expected to be in operation by 1973. □



Dr. James Duncan demonstrates a wire schematic model of a support structure for mirrors in orbiting telescopes.

*Le Dr James Duncan montre une maquette schématique en fil métallique de la structure de soutien des miroirs.*

# Structures soutenant des miroirs de télescopes satellisés

L'une des prochaines phases du programme spatial de la NASA prévoit la mise sur orbite terrestre d'un télescope muni d'un miroir d'environ trois pieds de diamètre.

On espère que les télescopes en orbite permettront de sonder l'espace lointain, d'y découvrir des corps beaucoup moins brillants que ceux que nous voyons de la terre et de mieux connaître ceux qui sont plus proches de nous. Ces télescopes permettront donc de mieux explorer la Voie Lactée et d'acquérir des connaissances plus précises sur les phénomènes observés à l'intérieur de galaxies types.

Pour être efficace, le profil de la surface d'un miroir monté sur télescope orbital doit avoir une précision supérieure à un millionième de pouce; il faut donc que la structure portant le miroir soit bien immobilisée et ne se déforme pas. Mais, lorsque cette structure et le miroir sont assemblés dans un laboratoire à terre, leur propre poids provoque une certaine déformation qui disparaît aussitôt que le télescope est en orbite puisque la pesanteur y est nulle. Il résulte donc, de ce fait, un problème qui doit être résolu

par le Dr James Duncan, Chef du Département de Génie mécanique à l'Université de Colombie Britannique. Grâce à une subvention de fonctionnement de 10 800 dollars accordée par le Conseil national de recherches du Canada, le Dr James Duncan et ses collaborateurs cherchent à mettre au point la structure qui soit à la fois la plus légère et la plus rigide.

Pour y parvenir, ils se servent d'une fraiseuse-découpeuse complexe commandée par un ordinateur. Ils font des maquettes de structures en étudiant des variantes d'une structure compliquée dite de "Michell".

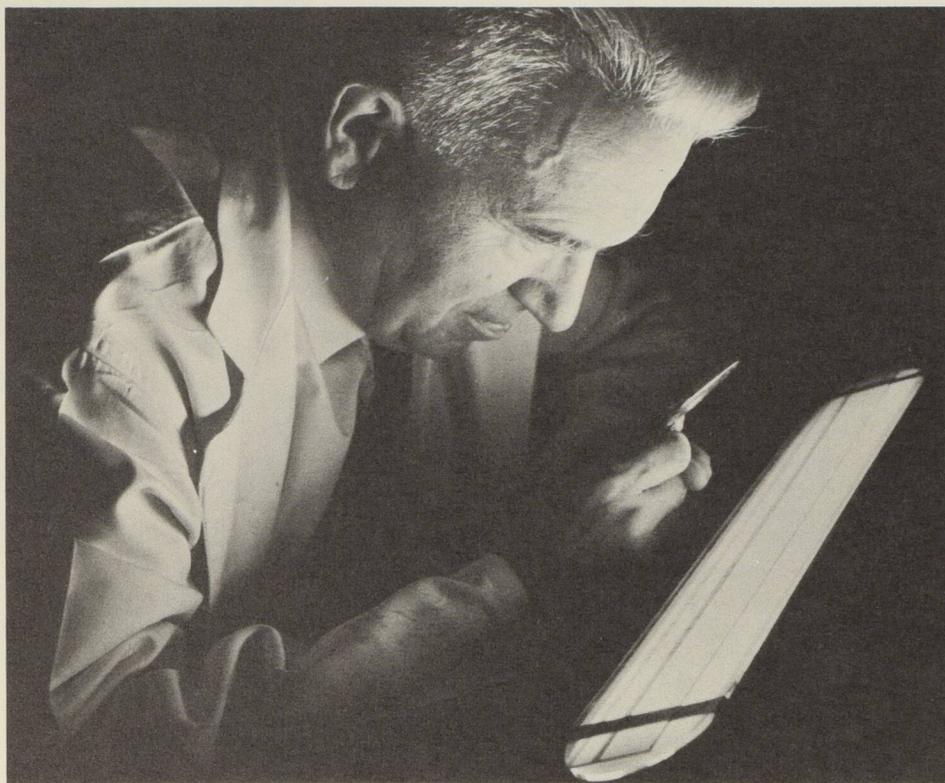
La fraiseuse-découpeuse automatisée a déjà été utilisée pour faire des maquettes du déflecteur de l'accélérateur TRIUMF (Tri-University Meson Facility: générateur de mésons au service de trois universités) et d'autres chercheurs voudraient l'utiliser pour faire des maquettes d'essais aérodynamiques. L'accélérateur TRIUMF qui sera construit à l'Université de Colombie Britannique et qui, espère-t-on, sera mis en service en 1973, servira à faire des recherches en physique nucléaire, notamment sur les mésons. □

*Fraiseuse-découpeuse commandée par ordinateur et utilisée par le Dr James Duncan pour faire les maquettes. Au centre, au premier plan, on peut voir des structures en plastique attachées à un disque représentant un miroir orbital. L'objet juste au-dessus du disque est une maquette à l'échelle grandeur du déflecteur de l'accélérateur.*

Automated cutting machine used by Dr. James Duncan to produce model support structures. Center foreground — three plastic web-like structures attached to disc. The disc represents an orbiting mirror held in place by the plastic structures. The object immediately above the disc is a full-scale model of the TRIUMF inflector.



# Secrets of space unravelled through Cosmic fingerprints



Dr. Gerhard Herzberg, a pioneer in molecular spectroscopy, pores over a spectrogram, a photographic record of a spectrum.

*Pionnier de la spectroscopie moléculaire, le Dr Gerhard Herzberg examine un spectrogramme.*

The star-filled night has always instilled in man a sense of wonder and awe. The planets, meteors, comets and auroras piqued his curiosity until he strove to know them better and to reduce them to his terms — and the science of astronomy was born.

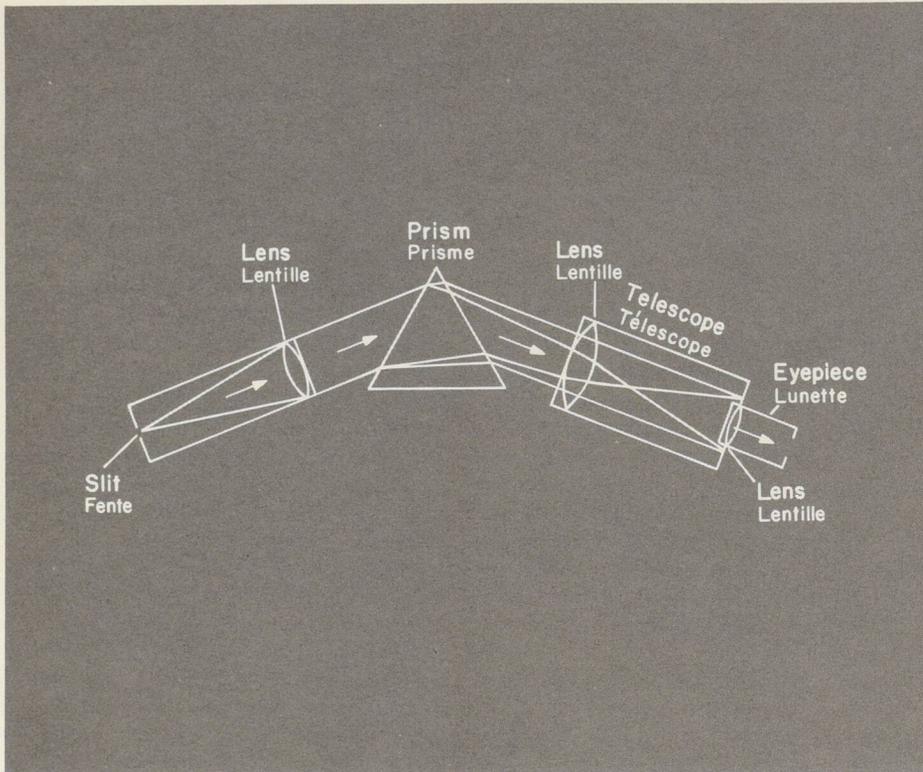
What atoms and molecules are to be found in the whirling gases and molten cores of the cosmic bodies? Astrophysicists are at grips with literally the whole solar system to provide answers to this basic question. But the panoply of space looms very large to earthlings, who are still in the process of taking their first few steps away from earth. At present they have gone no farther than the moon, a mere one hundredth of the way to the nearest planet, Venus. To complicate matters, almost any one of the conventional methods of chemical analysis requires carefully controlled conditions and direct manipulation of samples. Supra-terrestrial bodies, in violent upheaval

billions of miles from the earth, mock at such land-locked methods.

But there exists a procedure for cosmic analysis; there is a way to gather the “fingerprints” of the stars and decode them to determine the astral constituents. Scientists call it spectroscopy.

The National Research Council of Canada has long been interested in spectroscopy, and has an entire section of its Division of Physics devoted to it. Moreover, at NRC, one of Canada's most distinguished scientists, Dr. Gerhard Herzberg has devoted most of his scientific career to this field. Dr. Herzberg, who has been called a founding father of the science of molecular spectroscopy, has been eminently successful in clarifying the structure of atoms and molecules found on earth, in contributing substantially to astrophysics, and in developing experimental spectroscopic techniques and spectra theory. —>

# Les secrets du cosmos révélés par les "empreintes" de la matière



*Schéma d'un spectroscopie. Le prisme au milieu sert à séparer la lumière incidente en ses couleurs composantes. Toutefois, dans la plupart des spectroscopes, on emploie des réseaux plans.*

Diagram of a spectroscope. The prism at the heart of the instrument serves to break up the incident light into its component colors. In most modern spectroscopes, however, diffraction gratings are used.

La voûte céleste scintillante d'étoiles a toujours provoqué chez l'homme un profond émerveillement. Fasciné par les planètes, les météores, les comètes, les aurores boréales ou australes, et pour se sentir moins petit dans l'univers, il s'efforce sans cesse de pénétrer leur mystère.

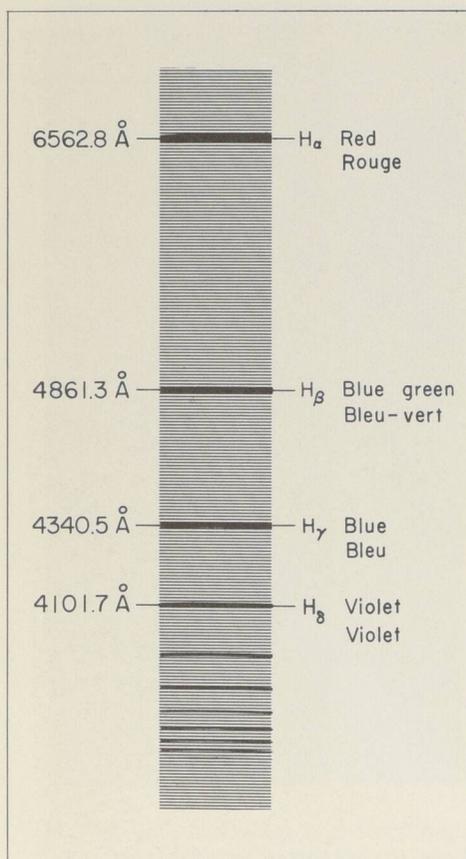
D'emblée, une des questions fondamentales se pose: quels atomes et molécules se trouvent dans ces tourbillons de gaz et ces noyaux incandescents? Pour y répondre, c'est tout le système solaire que les astrophysiciens doivent étudier. On vient de mettre le pied sur la lune, il est vrai, mais cela ne représente que le centième de la distance entre la terre et la plus proche planète, Vénus. De plus, presque toutes nos méthodes d'analyse exigent des conditions d'examen bien réglées, auxquelles s'ajoutent la manipulation directe d'échantillons. Les corps célestes, en éruption violente et à des milliards et des milliards de kilomètres, se mo-

quent bien de ces analyses.

L'homme toutefois, n'est pas sans riposte: il sait, lui, non seulement obtenir les "empreintes digitales" des astres, mais aussi déchiffrer le code qui permet d'en identifier les éléments. C'est le royaume de la spectroscopie.

Or, depuis longtemps la spectroscopie a éveillé l'intérêt du Conseil national de recherches du Canada où une section de la Division de physique est entièrement consacrée à ce domaine. En outre, l'un de nos plus éminents chercheurs, le Dr Gerhard Herzberg, figure parmi les pionniers de la spectroscopie moléculaire. Le monde des sciences lui doit l'élaboration de la théorie des spectres, la mise au point de techniques expérimentales ainsi que l'identification des molécules et atomes sur terre et dans l'espace. Cet ancien professeur de l'Université de Saskatchewan, qui entra au Conseil en 1948, fut le premier à découvrir et à analyser le spectre de certaines molécules →

## cosmic fingerprints



Fundamental example of the "fingerprints" used in spectroscopic analyses: the emission spectrum of atomic hydrogen (Balmer series). The spectral lines are identified by the wavelengths of the emitted or absorbed light measured in Angstrom units (Å), each equal to one ten-billionth of a meter.

*Spectre d'émission de l'hydrogène atomique (série de Balmer) illustrant un cas d'"empreintes" de la matière obtenues par analyse spectrale. On identifie les raies spectrales d'après la longueur d'onde de la lumière émise ou absorbée mesurée en Angstroms (Å), unité de longueur valant un dix-millième de micron.*

This former research professor from the University of Saskatchewan, who has been with NRC since 1948, was the first spectroscopist to discover and measure the spectra of some diatomic and polyatomic molecules. In addition to elucidating the structure of various commonly used compounds – carbon dioxide, oxygen, nitrogen and acetylene – Dr. Herzberg was the first to obtain spectra of several new molecules and radicals including the methyl and methylene radicals. He is the author of a four-volume series on atomic and molecular spectroscopy, works considered as basic reference texts by spectroscopists.

Although recently retired from his post as Director of the Division of Pure Physics of NRC, Dr. Herzberg is by no means about to withdraw from the scientific community. A few months prior to his retirement, it was announced by Dr. W. G. Schneider, President of NRC, that this internationally recognized pioneer in the field of molecular spectroscopy had been named a Distinguished Research Scientist, a position enabling him to continue research at the Council.

Many of Dr. Herzberg's studies at the Council have been conducted in co-operation with Dr. A. E. Douglas, who on Dr. Herzberg's retirement was named Director of NRC's Division of Physics, which combines the former Divisions of Pure Physics and Applied Physics.

The arches, loops and whorls of the cosmic fingerprints arise from the absorption or emission of energy, accompanying electron jumps from one energy level to another, or vibrational and rotational changes in molecules. Just as a prism breaks up the white light emanating from an ordinary light bulb into its component colors, and just as water droplets disperse sunlight into a rainbow, the prism in a spectroscope breaks up light from an emitting source (a neon bulb or a comet, for example) into lines and bands, characteristic of the atoms and molecules of the emitter. In contrast, the spectra of planets are almost exclusively absorption spectra. Sunlight reflected from a planet's surface passes through the planet's atmosphere, and the wavelengths associated with certain energies are absorbed by gaseous molecules yielding a characteristic pat-

tern of dark lines on a bright background when the emergent light is analysed with a spectroscope.

The series of lines and bands in an emission or absorption spectrum are distinctive fundamental characteristics of the emitting or absorbing species just as are fingerprints for human beings. Both simple and complex substances can be made to yield their identities following stellar fingerprinting. Since the emitted and absorbed energies encountered in astrophysical investigations run the gamut of the electro-magnetic spectrum, studies are made in ultra-violet, infra-red and microwave, as well as visible spectra, involving different techniques, and yielding clues to differing parts of the puzzle.

From the beginning of Dr. Herzberg's career, the interplay of spectroscopy and astrophysics has fired his imagination. He stresses that the history of atomic spectroscopy abounds in examples showing the great influence that certain astrophysical problems have had on its development. Conversely, many advances in astronomy have resulted from new developments in atomic spectroscopy. Helium, first discovered in the solar atmosphere by spectroscopy and the recognition of the effect of relative motion of source and observer on the wavelengths of spectral lines (Doppler effect) were early examples of the interrelation between astrophysics and atomic spectroscopy. Dr. Herzberg notes paradoxically that spectroscopy was employed by astronomers Fraunhofer and Kirchoff more than a century ago to show that sodium was present on the sun. This was several years before it was used in chemical analysis.

Aside from his fundamental research into clarifying and resolving anomalies in the spectra of molecular hydrogen, Dr. Herzberg will continue to study one of the thorniest problems currently confronting astrophysicists – the origin of the diffuse lines in the absorption spectra of the space between the stars.

First discovered 30 years ago, these diffuse lines baffle astronomers. Most hold that these lines are produced by the interstellar dust, solid particles known to be present but which represent only one per cent of the mass of the interstellar medium. But they are unable to prove it. Dr. Herzberg, →

## "empreintes"...

diatomiques et polyatomiques. Le Dr Herzberg a élucidé la structure de plusieurs composés bien connus, tels que l'oxygène, l'azote, le gaz carbonique et l'acétylène, et il a également obtenu les spectres de plusieurs molécules et radicaux jusque-là ignorés comme les radicaux du méthyle et du méthylène. Enfin, le Dr Herzberg est l'auteur d'un ouvrage en quatre volumes sur la spectroscopie atomique et moléculaire, ouvrage dont tous les spectroscopistes du monde entier se servent comme texte de référence.

Bien qu'il vienne de prendre sa retraite du poste de Directeur de la Division de physique pure, le Dr Herzberg est loin d'abandonner ses recherches, notre Président, le Dr W. G. Schneider, l'ayant récemment nommé chercheur de haute distinction pour qu'il puisse continuer à travailler pour le Conseil.

Maintes études effectuées par le Dr Herzberg ont été menées en collaboration avec le Dr A. E. Douglas, son successeur, qui vient d'être nommé Directeur de la Division de physique, celle-ci formée le 1<sup>er</sup> octobre 1969 à la suite de la fusion des Divisions de physique pure et appliquée.

L'absorption ou l'émission de l'énergie qui accompagne, soit le passage d'électrons d'un niveau à l'autre, soit les changements de vibration ou de rotation des atomes constituant une molécule donnée est à l'origine de la spectroscopie analytique.

Or, la lumière blanche qui tombe sur un prisme ou les rayons de soleil passant à travers des gouttelettes d'eau se réfractent pour donner un arc-en-ciel. De la même manière, le prisme d'un spectroscopie disperse la lumière incidente (provenant d'un tube au néon ou d'une comète, par exemple), en lignes et bandes qui servent à caractériser les atomes et les molécules de la source émettrice. Par contre, les planètes présentent presque exclusivement des spectres dits d'absorption. Une fois réfléchis par la surface de la planète, les rayons de soleil traversent son atmosphère où les molécules à l'état gazeux absorbent certaines longueurs d'onde (couleurs) de ces rayons, ce qui donne, lors de l'analyse spectroscopique de la lumière émergente, un spectre des raies noires dans un cadre lumineux. Les raies et les bandes spectrales représentent des

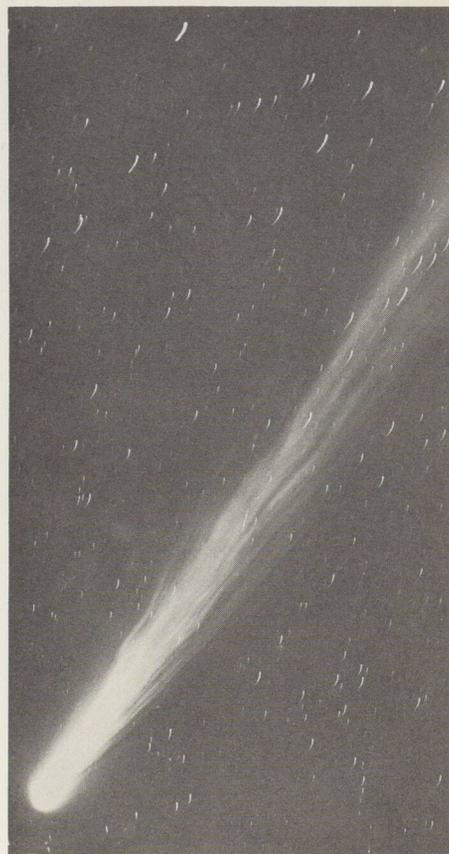
caractéristiques fondamentales de la substance émettrice ou absorbante. D'ailleurs, leur position dans le spectre peut servir à identifier cette substance quelles que soient sa complexité et sa distance. Etant donné que dans les études astrophysiques les énergies couvrant toute la gamme du spectre électromagnétique entrent en jeu, on profite non seulement des spectres lumineux mais aussi des spectres situés dans les régions de l'ultraviolet, de l'infrarouge et de micro-ondes. Les spectres de chacune de ces régions exigent des techniques expérimentales différentes et se complètent pour faciliter l'analyse "dactyloscopique".

L'interaction de la spectroscopie et de l'astrophysique a toujours fasciné le Dr Herzberg. Il aime à souligner que certains problèmes astrophysiques ont maintes fois enrichi la spectroscopie et il cite le cas de l'hélium, gaz découvert tout d'abord dans l'atmosphère solaire grâce au spectroscopie, et celui de l'effet Doppler, c'est-à-dire, du déplacement des raies spectrales dépendant des mouvements relatifs de la source de lumière et de l'observateur, mis en évidence de prime abord lors des études astrophysiques. Mais inversement, l'astronomie a beaucoup profité des découvertes en spectroscopie atomique.

Paradoxe frappant, au siècle dernier, plusieurs années avant son emploi pour l'analyse chimique, le spectroscopie a permis à Fraunhofer et Kirchhoff d'établir la présence de sodium dans le soleil!

Outre ses recherches de base sur le spectre d'hydrogène moléculaire, le Dr Herzberg poursuivra l'étude d'un des plus difficiles problèmes de l'astrophysique - l'origine des raies diffuses dans le spectre d'absorption provenant du milieu interstellaire.

Suivant l'opinion de la majorité des chercheurs, ces raies spectrales, découvertes il y a trente ans, auraient trouvé leur origine dans des particules solides, déjà identifiées il est vrai, mais qui ne représentent que le centième de la masse de la matière interstellaire. Ce n'est qu'une opinion que le Dr Herzberg ne partage pas; il soutient avec force que ces raies sont dues à un gaz, tout comme les raies bien définies du spectre d'absorption. D'après lui, ces raies diffuses proviendraient des ions de molécules, comme ceux →



*Dévoilés au moyen du spectroscopie, des radicaux libres des molécules tout à fait ordinaires: méthane, eau, ammoniac, voilà ce qui compose les comètes. (Photo de la comète de Brooke)*

Comets were spectroscopically unmasked to show free radicals from such common molecules as methane, ammonia and water. (Photo of Brooke's Comet)

## cosmic fingerprints

with a twinkle in his eye, offers another explanation which he says "I feel rather strongly about." It is his view that these diffuse lines are due to a gas, just as are the sharp lines in the absorption spectra. Molecular ions, such as the methane ion ( $\text{CH}_4^+$ ), present, in Dr. Herzberg's opinion, one of the possibilities for the interstellar species responsible for the diffuse lines. He is testing his theory analytically by attempting to "manufacture" spectra giving diffuse lines identical with the interstellar lines.

There are indications that methane ( $\text{CH}_4$ ), the parent species of  $\text{CH}_4^+$ , is present in the medium and studies already underway may provide full confirmation of this.

"The beauty of the stellar medium as a chemical laboratory is that there are essentially no collisions taking place; those which do occur do so in absence of external walls," Dr. Herzberg points out. "In addition, the spectrum of a molecule under the low temperature conditions of interstellar space are less complicated than ordinary spectra — only single lines are observed and need to be accounted for, not 50 to 100 making up a band, as is the case in earth-bound spectroscopy."

Within the scope of his fundamental research on the spectra of free radicals, Dr. Herzberg also intends to examine possibilities of finding spectral indications of species — methylene and methyl radicals ( $\text{CH}_2$  and  $\text{CH}_3$ ) — which would come from the parent  $\text{CH}_4$  in the interstellar medium. Dr. Herzberg was the first to obtain spectra of these secondary species in the laboratory. Although they have not yet been observed in the interstellar medium, the expected region for observations is blocked out by absorptions of the earth's atmosphere. Only spectroscopes installed in satellites can do the trick. Dr. Herzberg believes scientists are close to the answer to one of the most challenging problems in astronomy.

Dr. Herzberg has had a long standing interest in detecting molecular hydrogen in the atmospheres of the outer planets with the aid of the spectroscope. In an important theoretical advance, he postulated the existence of a new kind of spectrum for molecular hydrogen based on consideration

of the rotation of these molecules. Ten years later he succeeded in producing this spectrum in the laboratory with the aid of the world's longest absorption tube (creating conditions similar in effect to those giving rise to the absorption spectra from planetary atmospheres). Subsequently, astronomers observed these same spectral lines in the spectrum of Jupiter.

Uranus presented a different problem. Scientists suspected molecular hydrogen to be present but were unable to prove it. Dr. Herzberg was able to show that a diffuse feature observed by Kuiper was due to  $\text{H}_2$  by demonstrating that a molecular hydrogen absorption spectrum taken in the laboratory using a long absorbing path at a high pressure and very low temperature had an identical feature.

An elusive molecule in comets has also been tracked down by Dr. Herzberg. Long after the extraterrestrial origin of comets had been recognized, their nature remained a riddle — until their spectra were studied. The spectrum of a comet is almost entirely a molecular emission spectrum consisting mainly of well-known spectra previously observed in the laboratory. One spectral band, however, resisted all attempts at identification until Dr. Herzberg reproduced it in the laboratory. Subsequently, his colleague, Dr. Douglas, showed it to be due to a radical made up solely of three carbon atoms. Dr. Herzberg points to this as an excellent example of the importance of laboratory spectroscopic work in trying to identify features observed in astronomical spectra.

Besides exploring the stars, spectral analysis is basic to many chemical and industrial processes and a powerful tool in applied research. It affords rapid non-destructive quantitative and qualitative analysis of molten steel samples, for example. The spectral fingerprints tell the industrial chemist which elements are present and in what quantities. They serve a different purpose for the pure physicist. The uniqueness of spectra make him wonder why one spectral pattern occurs rather than another. Finding answers to this question leads to a better understanding of the structure of matter. □

Spectral analyses of the space between the stars show small amounts of sodium iron, calcium and titanium as well as hydrogen. But the origin of the diffuse lines in the spectrum has yet to be determined. (Photo of spiral nebula in *Canus Venatici*).

*D'après les spectres, l'espace entre les étoiles contient les éléments suivants: fer, sodium, titane, calcium et hydrogène. Toutefois, reste à savoir l'origine des raies diffuses dans ces spectres. (Photo d'une nébuleuse spirale dans Canus Venatici).*



## "empreintes" ...

méthane ( $\text{CH}_4^+$ ). En ce moment, il vérifie sa théorie en tentant de "fabriquer" en laboratoire certains spectres où figurent des raies identiques aux raies interstellaires.

Il est à noter que des recherches ont récemment conduit à soupçonner l'existence, dans le milieu interstellaire, de méthane, molécule-mère du  $\text{CH}_4^+$ . On attend avec beaucoup d'intérêt la confirmation de cette nouvelle. Le Dr Herzberg souligne la singularité de ces expériences: les collisions entre atomes ou molécules sont presque inexistantes et là où elles se produisent, c'est en l'absence de barrières. Voilà l'intérêt du milieu interstellaire en tant que laboratoire chimique. En outre, les spectres des molécules exposées aux basses températures de l'espace interstellaire sont beaucoup moins complexes que les spectres ordinaires car on a affaire non pas à 50 ou 100 raies composant une bande comme c'est le cas pour les molécules terrestres, mais à quelques raies isolées seulement.

Dans le cadre de ses recherches fondamentales sur le spectre des radicaux libres, le Dr Herzberg désire étudier deux radicaux, ceux du méthylène et du méthyle ( $\text{CH}_2$  et  $\text{CH}_3$ ), qui auraient été produits, eux aussi, par le méthane dans le milieu interstellaire. En laboratoire, on possède déjà le spectre des deux radicaux grâce au Dr Herzberg. Toutefois, lorsqu'il s'agit de les détecter dans l'espace, l'absorption de la lumière par l'atmosphère terrestre parvient à masquer complètement la région spectrale en question. Des spectroscopes à bord de satellites permettraient de résoudre ce problème. "Maintenant", conclut le Dr Herzberg, "les chercheurs sont sur le point de trouver la réponse à l'une des plus passionnantes questions de l'astronomie".

Depuis longtemps le Dr Herzberg s'intéresse également aux composants de l'atmosphère de certaines planètes, et, en particulier, à l'hydrogène moléculaire. A l'issue d'une étude approfondie sur la rotation des atomes formant  $\text{H}_2$ , il a postulé un nouveau type de spectre pour cette molécule, ce qui représente une contribution extrêmement importante à la théorie de la structure des spectres.

Dix ans plus tard, il a réussi à produire ce même spectre en laboratoire au moyen d'un tube d'absorption suffisamment long pour simuler les con-

ditions d'absorption dans une atmosphère planétaire. Par la suite, des astronomes-spectroscopistes ont observé ces mêmes raies spectrales dans le spectre de Jupiter.

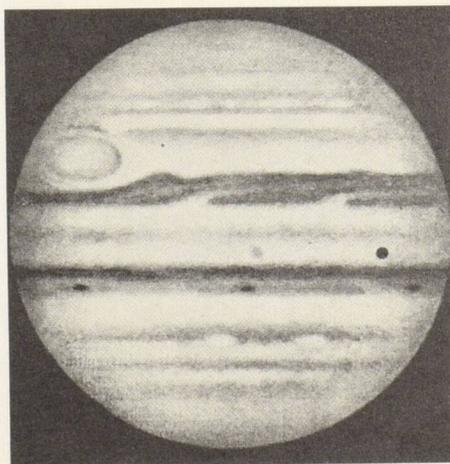
Pour Uranus, le problème se posait différemment. Les chercheurs, en possession des spectres de l'atmosphère d'Uranus, soupçonnaient la présence d'hydrogène moléculaire autour de cette planète sans pour autant être en mesure de le prouver. Grâce à un spectre possédant les mêmes raies diffuses et obtenu avec un très long tube d'absorption dans des conditions de haute pression et de basse température, le Dr Herzberg a démontré que les molécules d'hydrogène se trouvent bel et bien à l'origine de ces raies.

L'identification des éléments chimiques des comètes fut effectuée d'abord par leurs spectres, consistant principalement en spectres d'émission moléculaires où se situent presque sans exception des bandes déjà produites en laboratoire. Toutefois, une des exceptions fut réfractaire à toute tentative d'identification, jusqu'à ce que le Dr Herzberg l'ait reproduite en laboratoire. Par la suite, le Dr Douglas a démasqué le coupable, c'est-à-dire, un radical inattendu composé uniquement de trois atomes de carbone. Pour le Dr Herzberg, c'est un excellent exemple du rôle capital que jouent les travaux spectroscopiques effectués en laboratoire dans l'interprétation des spectres des atomes et molécules extraterrestres.

Plus que dans l'astronomie même, l'analyse spectroscopique se montre un instrument très utile dans l'industrie et dans la recherche appliquée. Comment déterminer la composition qualitative et quantitative de l'acier fondu, par exemple, rapidement, efficacement, sur place, sans détruire ni même toucher l'échantillon? C'est par la spectroscopie analytique. Cependant, pour le physicien s'intéressant à la spectroscopie, d'autres questions se posent: pourquoi un atome ou une molécule quelconque peuvent-ils donner un spectre distinctif et non pas plusieurs autres? Comment expliquer la position des raies? C'est en répondant à ces questions que l'homme parviendra à mieux comprendre la structure de la matière composant son univers. □

*Analyse spectroscopique de l'atmosphère de Jupiter: principalement l'hydrogène moléculaire, avec quantités moindres de méthane et d'ammoniac.*

Atmosphere of Jupiter from spectra: mainly hydrogen gas, with some methane and ammonia also present.



# Acoustic experts seek methods to Silence the noisy jet

Excessive noise has been touted as the cause of a variety of physical ailments — heart attacks, ulcers, high blood pressure, eyesight damage, nervous breakdowns. It even has been suggested that it has an effect on sexual potency. Because of this, people living in communities close to major airports reasonably might be expected to be the most vocal of complainers about noise created by huge jet aircraft.

Generally speaking, the reverse has been true. The majority of airport community residents swallow their complaints, and grin and bear the screaming whine of the jetliners whose takeoff and landings have been known to generate enough noise to knock pictures from walls and to crack windowpanes.

The reason for their tolerance is not hard to explain. Most Canadian airports were built originally in isolated areas. The cities grew out to engulf them and loopholes in zoning laws were used, for example in Montreal and Toronto, to allow apartment buildings to go up within a few hundred feet of the end of runways. Thus, the bulk of airport area residents knew in advance that they were moving into a prime area of noise pollution.

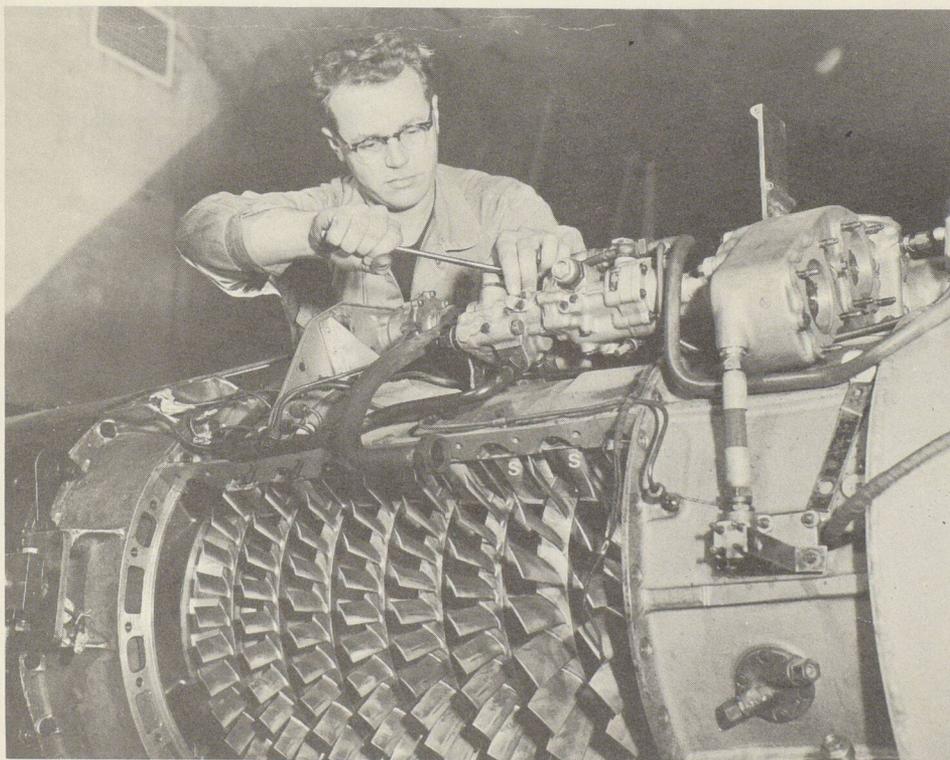
However, while airport area resi-

dents have been relatively tranquil in the past, this situation will not likely last. The public in general is becoming increasingly vocal about this particular kind of environmental pollution in anticipation of the coming of age in the early 1970's of the next family of jets — the supersonic transport (SST). The Anglo-French Concorde is expected to be in operation in 1971, with Air Canada receiving delivery of four Concorde in 1973. The Concorde, according to the magazine *Aerospace Technology*, may have a "rather startling" noise of 124 decibels sound pressure level during landing approach.

Under the decibel scale of noise measurement, the threshold of pain which occurs at approximately 130 decibels has been used as an index of noise injury hazard. This is approximately 45 decibels higher than the level at which damage to the hearing mechanism may be produced by long-term exposure.

In the past, aircraft manufacturers have made many changes to the jet engine in an attempt to lower the sound effects of the subsonic jet transports. Generally, these have taken the form of suppression of noise at the exhaust, considered the prime source.

The exhaust produces noise through the turbulent mixing of the highspeed flow of air coming out of the tailpipe with the stagnant air around it. One improvement came through fluting the pipes. Another came with the bypass type engines (the fan jets) where the central core of the exhaust is surrounded by a ring of air moving with an intermediate speed. These and other improvements reduced the primary source of noise to the point where for many engines it is equal to or lower than other sources such as the compressor. On fan jets, as the diameter of the fan (the front stage of the compressor) is increased to gain more air than is needed for the main operation of the engine, so also is this compressor or fan noise increased. The compressor noise is brought up in order to bring jet exhaust noise down and, under many operating conditions, the compressor becomes the most significant noise source on the engine. This is particularly true when engines turn over at a reasonable rate, but do not provide much thrust, such as when the plane comes down its glide path to land. —>



Technician makes adjustments to jet engine. Casing section of the compressor has been removed exposing rotor rings. Stator rings were partially removed with the casing section. Those attached to the casing are indicated by the letter (s).

←  
*Un technicien règle un turboréacteur. Une partie de la paroi du compresseur a été enlevée pour que l'on puisse voir les rotors. Les aubages des stators fixés à la paroi ont été aussi enlevés mais on peut voir des aubes de stator en (s), par exemple.*

The NRC-designed stator ring test model with 25 stator blades whose leading edges have been sectioned into a stepped profile by webbed means. Each blade is manufactured by injecting polypropylene into a special mould shown in foreground. —>

*Aubage de stator, étudié au CNRC, avec ses 25 aubes à bord d'attaque discontinu. Chaque aube est fabriquée à l'aide du moule spécial (premier plan) dans lequel on injecte du polypropylène.*

# Les acousticiens s'attaquent au bruit des réacteurs

Il a été établi que l'excès de bruit est à l'origine de certains maux, comme les crises cardiaques, les ulcères, l'hypertension, l'affaiblissement de la vue, les dépressions nerveuses. On a même laissé penser qu'il a un effet sur la puissance sexuelle. Pour cette raison il faut s'attendre à ce que les protestations les plus véhémentes au sujet du bruit des gros avions commerciaux à réaction proviennent des riverains des grands aéroports.

Toutefois jusqu'à ce jour on a plutôt constaté le contraire. Pour la plupart, ces gens s'abstiennent de protester et supportent le hurlement des appareils à réaction dont on sait que le décollage et l'atterrissage sont assez bruyants pour décrocher les portraits des murs et briser les vitres des fenêtres.

Il n'est pas difficile d'expliquer pourquoi ils sont tolérants. La majorité des aéroports canadiens ont été construits loin des villes mais celles-ci se sont étendues au point d'encercler les aéroports et, à Montréal et à Toronto par exemple, les imperfections des lois d'urbanisme ont été si bien exploitées que l'on a construit des immeubles à quelques centaines de pieds de l'extrémité des pistes. Donc, les gens venus

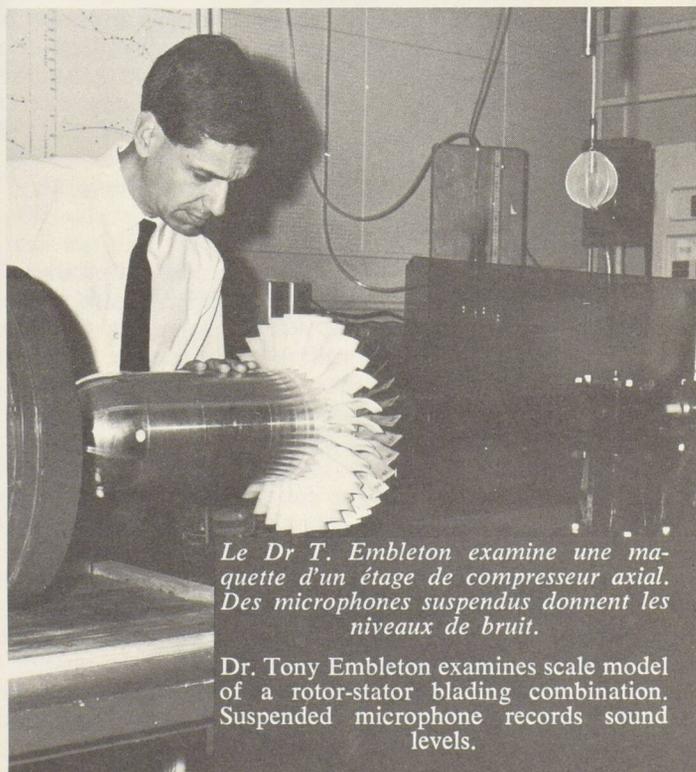
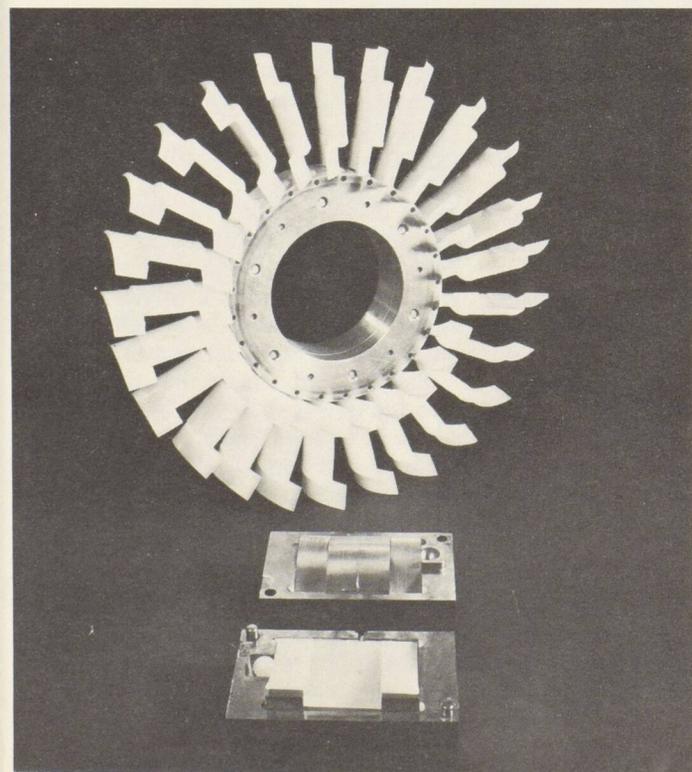
habiter au voisinage des aéroports savaient, pour la plupart, qu'ils allaient s'installer dans un secteur particulièrement bruyant.

Cependant, bien que les riverains des autres aéroports soient jusqu'à maintenant restés relativement calmes, il est peu probable que cette situation dure. On peut s'attendre à des protestations de plus en plus violentes contre ce genre d'intrusion car la décennie commençant en 1970 sera celle des gros porteurs à réaction et des avions de transport supersoniques ou ATS. Le "Concorde" franco-britannique devrait être le premier ATS à entrer en service en 1971 et Air Canada en attend la livraison de quatre en 1973. Le Concorde, d'après le revue "Aerospace Technology", pourrait avoir le niveau de bruit plutôt surprenant de 124 décibels pendant la descente précédant l'atterrissage. Le seuil de la douleur, situé à environ 130 décibels, a été utilisé comme indice du risque de dommage permanent causé par le bruit et ce niveau est supérieur d'environ 45 décibels à celui qui produit à la longue une diminution permanente de l'ouïe.

Les constructeurs de turboréacteurs ont, d'année en année, modifié leurs moteurs pour diminuer le niveau de

bruit des appareils subsoniques. D'une manière générale, ces modifications ont consisté à atténuer le bruit à la sortie de la tuyère considérée comme source principale de bruit.

Les gaz propulsifs sortant de la tuyère, à très grande vitesse par rapport à l'air ambiant, font naître des tourbillons à la frontière du jet et ce sont eux qui donnent le bruit caractéristique des tuyères d'éjection. Un des perfectionnements apportés a consisté à introduire des cannelures dans les parois internes de la tuyère ou à subdiviser celle-ci en plusieurs petites tuyères cannelées. Une autre amélioration a été obtenue avec les réacteurs à double flux (ou à soufflante) dans lesquels le flux primaire de la tuyère est entouré du flux secondaire à vitesse intermédiaire. Ces perfectionnements particuliers s'ajoutant à d'autres ont réduit le pourcentage de bruit produit par la tuyère au point que dans beaucoup de moteurs il est égal ou inférieur à celui des autres sources, notamment du compresseur. Sur les turboréacteurs à soufflante, c'est-à-dire lorsque le premier étage du compresseur a un diamètre plus grand que ne l'exige le fonctionnement du réacteur, l'air aspiré par la partie externe des aubages —>

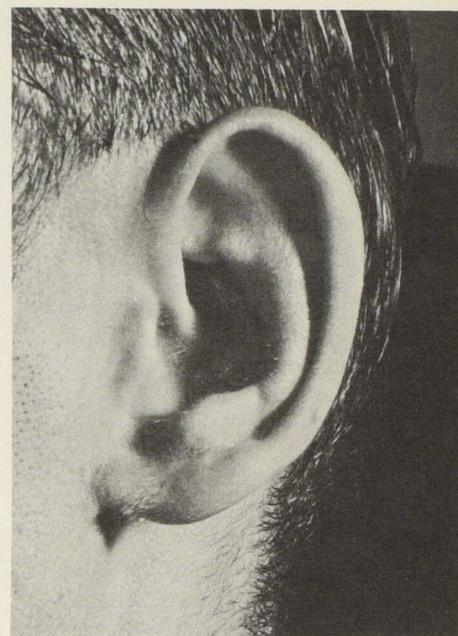


*Le Dr T. Embleton examine une maquette d'un étage de compresseur axial. Des microphones suspendus donnent les niveaux de bruit.*

Dr. Tony Embleton examines scale model of a rotor-stator blading combination. Suspended microphone records sound levels.

## noisy jets

The decibel ratings of some sounds that assault our ears:	decibels	Voici quels sont les niveaux de bruit (en décibels) attaquant l'ouïe:
pain level	130	seuil de la douleur
circular saw thunder pneumatic drill	110	scie circulaire tonnerre marteau pneumatique
low flying jet police whistle	90	avion à réaction à basse altitude sifflet d'agent de police
loud radio average factory	70	radio bruyante usine ordinaire
normal speech quiet radio	50	niveau de la conversation radio discrète



A new concept for the reduction of compressor whine that involves production of destructive interference between sound sources, has been developed by National Research Council of Canada scientists. Dr. Tony Embleton, working in collaboration with Dr. George Thiessen of the Acoustics Section of NRC's Division of Physics, has developed a new design for stator blades in turbomachinery. Patents have been applied for by Canadian Patents and Development Ltd., a subsidiary of NRC. It holds great promise for airport area noise relief, since it is applicable to subsonics and also could function as a noise reducer on SST's during the latter's landing phase of operation when the SST engine is operating at subsonic inlet speeds.

The principal use of axial flow compressors at present is in the aircraft turbine engine. Most compressors are multi-stage units containing alternate rings of rotor blades and stator blades. The rotor blades impart kinetic energy to the air and drive it on to the stator blading. The fixed stator blades take the highspeed flow coming off the rotor blades and channel it so it is flowing more or less axially. The flow is slowed down but its pressure is increased, thereby converting some of the kinetic energy into potential energy. The outflow from the stator goes to the next rotor and the process is

repeated. Pressure increases progressively through anywhere from six to 15 such stages before the air flow enters the combustion chamber.

Conventional axial compressors have rotor and stator blades whose leading and trailing edges are essentially straight and which lie along essentially radial lines. Thus, the trailing edge of any rotor blade passes the leading edge of any blade in the following stator at the same instant along the entire length. Because there is a high speed air flow coming off the back side of the rotor blade, there is a turbulent wake produced. This sweeps over the stator blade. When this moving air flow hits the stationary stator blade sound is produced. If the whole edge of the blade emits sound at the same instant, it radiates to a maximum degree. The NRC invention is a stator blade with a stepped profile along its leading edge. It provides that the sound source will not radiate all along the blade with the same phase, but parts will radiate exactly out of phase with other parts, producing destructive interference.

Dr. Embleton estimates that a listener on the ground hearing a plane come in for a landing using the modified stator blading would notice about a 30 per cent reduction of loudness. "This is a psychological measurement. In physical terms the compressor

whine would be reduced anywhere from two to six decibels."

In the past, the aircraft industry has been reluctant to adopt certain noise control devices because these usually have been of the "something added" type and represented an economic penalty in the form of reduced payload or reduced mechanical efficiency.

"While we were making our acoustical measurements we came across an unexpected bonus," Dr. Embleton says. "We found in some cases that the staggered stator blades made the engine perform a shade more efficiently."

"Aerodynamicists should be interested in adding one or two tenths of one per cent to compression efficiency. This doesn't sound like much until it is remembered that this increase would apply to each stage in which stepped blades are used," he says.

Dr. Embleton feels that the time is ripe for development of the invention, which he admits has a long way to go before it can come to the aid of airport area residents.

"What we have done at this point is invented an idea. We have not built an engine with real blades and made it fly an aircraft. The idea now has to be sold to aerodynamicists. We expect they may be able to add a fraction more to compression efficiency by re-designing blade slopes, an area we did not touch." □

## **bruit des réacteurs . . .**

du premier étage est violemment projeté vers l'arrière, ce qui donne une poussée accompagnée d'un supplément de bruit qui peut dépasser la réduction du bruit obtenue à la frontière du jet de la tuyère propulsive; c'est ce qui se passe durant la descente précédant l'atterrissage lorsque les moteurs tournent au ralenti et que le bruit produit provient surtout de la soufflante.

Une nouvelle méthode de réduction du bruit des compresseurs consiste à créer une interaction conduisant à une quasi-destruction réciproque des sources de bruit. C'est ce que les Dr Tony Embleton et George Thiessen, du Laboratoire d'acoustique de la Division de physique du Conseil national de recherches ont mis au point en utilisant un nouveau type d'aubes de stator. Une demande de brevet a été déposée par la Société canadienne des brevets et d'exploitation limitée, une filiale du Conseil national de recherches. Ce type d'aubes semble présenter un grand intérêt pour l'atténuation du bruit au voisinage des aéroports étant donné qu'il peut être utilisé pour les appareils subsoniques et également contribuer à réduire le bruit des ATS pendant leur atterrissage, lorsque la vitesse de l'écoulement dans les entrées d'air est subsonique.

Les compresseurs à écoulement axial trouvent leur principale application dans les turboréacteurs d'aviation. La plupart des compresseurs ont plusieurs étages constitués par des rotors et des stators alternés. Les aubes du rotor communiquent une énergie cinétique à l'air qui est projeté entre les aubes du stator. Les aubes fixes du stator reçoivent cet écoulement à grande vitesse et l'orientent suivant une direction plus ou moins axiale.

L'écoulement est ralenti mais la pression est augmentée ce qui a pour effet de convertir une partie de l'énergie cinétique en énergie potentielle. L'écoulement de sortie du stator est attaqué par le rotor suivant et le processus est ainsi répété autant de fois qu'il y a d'étages. La pression augmente donc progressivement lors de la traversée des six à quinze étages du compresseur précédant les chambres de combustion.

De nos jours les compresseurs axiaux ont des aubes de rotors et de stators à bords d'attaque et à bords de fuite droits et orientés suivant les rayons des aubages. Le bord de fuite de chaque aube de rotor passe donc devant le bord d'attaque de chaque aube du stator en aval au même instant sur toute sa longueur. Du fait qu'il existe un écoulement à grande vitesse à l'extrados des aubes mobiles, un sillage turbulent se forme et balaye l'aube du stator en aval. Un son est émis lorsque cette masse d'air en mouvement rencontre l'aube du stator. Si tout le bord d'attaque de l'aube émet un son au même instant, l'émission est maximum. L'invention faite au Conseil consiste à abandonner le bord d'attaque droit des aubes du stator pour un bord d'attaque en ligne brisée dans le plan perpendiculaire à l'écoulement, les éléments de la ligne brisée étant perpendiculaires entre eux. Le bruit n'est donc pas émis tout le long de l'aube au même instant; une partie de l'émission étant déphasée par rapport à l'autre, on obtient la quasi-destruction réciproque mentionnée plus haut.

Le Dr. Embleton estime que le bruit d'un avion allant atterrir serait atténué de 30% pour un observateur au sol si ses moteurs étaient munis du stator

à aubes modifiées. Il s'agit là d'une estimation psychologique car en réalité le niveau de bruit émis par le compresseur ne serait abaissé que de deux à six décibels.

Dans le passé l'industrie aéronautique a montré une réticence à adopter certains dispositifs antibruit. Ces dispositifs étaient généralement ajoutés au moteur et se payaient d'une baisse de rendement propulsif ou d'une réduction de la charge utile. Écoutons les inventeurs: "Alors que nous procédions à des mesures de niveau de bruit, nous avons fait une découverte inattendue. Nous avons constaté que, dans certains cas, un stator à aubes modifiées améliorerait légèrement le rendement du réacteur . . .

. . . Les aérodynamiciens seraient heureux de pouvoir ajouter 0.1 à 0.2% au rendement de compression. Ce sont des valeurs qui semblent bien faibles mais il faut se souvenir que cette addition s'appliquerait à chaque fois que l'on utiliserait un étage munis de ce type d'aubes."

Le Dr. Embleton pense que le temps est venu de développer l'invention qui, admet-il, nécessitera toutefois des perfectionnements avant qu'on puisse en faire bénéficier les riverains des aéroports.

Il a ajouté: "Tout ce que nous avons fait jusqu'à présent, c'est d'avoir eu une idée. Nous n'avons pas construit de moteurs avec ce type d'aubes et encore moins fait d'essais en vol. Ce qu'il faut maintenant, c'est en faire accepter le principe aux aérodynamiciens. Nous espérons qu'ils seront en mesure d'améliorer encore le taux de compression en recalculant les angles d'attaque locaux, ce que nous n'avons pas abordé". □

# High altitude turbulence sought by Operation "coldscan"

During the last few years aeronautical engineers have gathered considerable data on atmospheric turbulence encountered by aircraft flying in the troposphere, the layer of the earth's atmosphere below about 35,000 feet.

The National Aeronautical Establishment of the National Research Council of Canada is one of a number of research bodies seeking methods to reduce the menace that this invisible and sometimes violent phenomenon presents to aircraft operating at subsonic speeds in the troposphere. This work includes the use of a specially instrumented T-33 jet aircraft.

Turbulence research by NRC is being conducted by the Flight Research Section of the National Aeronautical Establishment. Work in the troposphere is well established and the section now has expanded its program to cover turbulence occurring at altitudes in excess of 40,000 feet.

This step has been taken in anticipation of the imminent arrival of supersonic aircraft which will operate at altitudes of 65,000 to 75,000 feet. High altitude turbulence occurring in clear air and encountered suddenly by these aircraft travelling at upwards of 1,400 miles per hour will be disconcerting to passengers, will complicate the pilot's task and will impose heavy stresses on the aircraft.

Part of the turbulence studies with the T-33 at altitudes up to 40,000 feet involved the use of an infrared sensing device that can detect atmospheric temperature changes ahead of the aircraft. This device, manufactured by Barnes Engineering Company of Stamford, Conn., was installed in the T-33 at the request of the U.S. Federal Aviation Agency.

A. D. Wood, Head of NAE's Flight Research Section, says that no one is yet certain that turbulence in clear air is always accompanied by temperature variations. However, the T-33 experiments show that temperature variations of three to seven degrees Fahrenheit usually indicate the presence of turbulence.

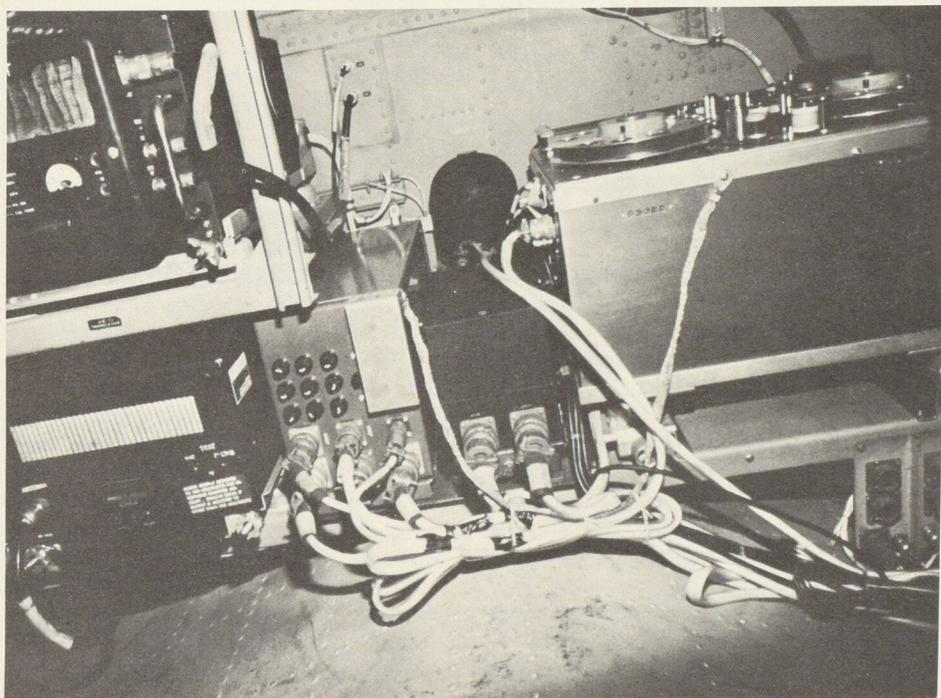
Mr. Wood says the experiments demonstrate the possibility of developing a sensor that would provide pilots of subsonic aircraft with three to four minutes' warning that they are approaching an area in which they can expect to encounter clear air turbu-

lence. Pilots would have 30 to 40 miles in which to warn passengers and possibly to take some other action, such as reducing speed, altering course or changing altitude.

The new work which has been undertaken by the Flight Research Section to accumulate information on turbulence at altitudes in excess of 40,000 feet is being conducted in co-operation with United States Air Force Air Weather Service. This co-operative program, called "Coldscan", involves tests with a turbulence instrumentation package built by NRC and includes a seven-channel FM magnetic tape memory recorder. The instrumentation has been installed on a U.S.A.F. RB-57F aircraft of the 58th Weather Reconnaissance Squadron at the Kirtland Air Force Base in New Mexico. This aircraft is one of the few planes which operate routinely above 40,000 feet. —>

The turbulence instrumentation package is located in a compartment in the upper mid-fuselage section of the RB-57F.

*Les instruments de mesure de la turbulence sont placés au milieu du fuselage du RB-57F.*



# Recherches en vol sur la Turbulence en air clair

Les ingénieurs de l'aéronautique ont recueilli ces dernières années bien des données expérimentales sur la turbulence dans la troposphère, c'est-à-dire en-dessous de 35 000 pieds.

L'Établissement aéronautique national, du Conseil national de recherches du Canada, est l'un des organismes de recherches qui essaient de trouver des méthodes permettant de réduire le risque que des phénomènes invisibles et parfois violents font courir aux avions subsoniques dans la troposphère. Pour ce travail on utilise notamment un avion à réaction T-33 équipé d'instruments spéciaux.

Au Conseil national de recherches, la turbulence est étudiée par la Section de recherches en vol de l'Établissement aéronautique national. Il faut maintenant étendre le programme de ces recherches aux couches atmosphériques dont l'altitude est supérieure à 40 000 pieds car la mise en service des avions de transport supersoniques volant à des altitudes de 65 000 à 75 000 pieds est très proche.

La turbulence à haute altitude se produit en air clair; elle y sera soudaine, surtout pour des avions se déplaçant à des vitesses dépassant 1 400 miles à l'heure et les passagers seront désagréablement surpris tandis que le pilote aura un travail plus difficile et que les contraintes imposées aux structures seront très élevées.

Les études de la turbulence à l'aide du T-33 jusqu'à des altitudes de 40 000 pieds se faisaient à l'aide d'un dispositif infra-rouge détectant les différences de température en avant de l'avion. Ce dispositif fabriqué par la compagnie Barnes Engineering de Stamford, au Connecticut, aux États-Unis, a été installé sur le T-33 à la demande de la FAA américaine (Office fédéral de l'Aéronautique).

Le Chef de la Section de recherches en vol de l'Établissement aéronautique national, M. A. D. Wood, nous a dit que personne n'est encore certain que la turbulence en air clair soit toujours accompagnée de différences de température. Toutefois les expériences faites avec le T-33 montrent que des différences de température de 3 à 7°F sont habituellement accompagnées de turbulence.

Il a ajouté que les expériences montrent qu'il est possible de mettre au point un détecteur qui donnerait aux

pilotes des avions subsoniques de trois à quatre minutes pour se préparer à traverser une zone de turbulence en air clair, à 30 ou 40 miles de là, ou pour essayer de l'éviter ou d'en réduire les effets. Il pourrait préparer les passagers, réduire sa vitesse et changer de route ou d'altitude.

La Section de recherches en vol explore à plus de 40 000 pieds en coopération avec le Service météorologique de l'Armée de l'air américaine. Le programme, appelé "Coldscan", implique l'utilisation en vol d'instruments de mesure de la turbulence dont certains sont construits par le Conseil national de recherches comme l'enregistreur à modulation de fréquence sur bandes magnétiques à sept voies. Cet instrument a été monté sur l'un des quelques avions RB-57F, d'exploration stratosphérique, appartenant au 58<sup>e</sup> escadron de reconnaissance météorologique de l'Armée de l'air américaine de la base de Kirtland, au Nouveau Mexique. —>



*Le RB-57F et ses ailes de grand allongement facilitant le vol à des altitudes atteignant 75 000 pieds.*

The huge wings of the RB-57F give it the lift it needs to fly at altitudes of up to 75,000 feet.

## operation "coldscan"

"The aims of the project are to study each encounter with high-altitude turbulence with regard to future civil aircraft operations, to relate the nature and severity of the turbulence to geographical position and meteorological conditions, and to investigate the correlation between turbulence and temperature changes encountered by an aircraft in its flight path," according to J. E. MacPherson and K. Lum of the Flight Research Section.

The disadvantage of most airborne systems that record turbulence encountered on routine flights is that they record continuously and many hours of flight data must be scanned to reveal a single incident. The memory recorder installed on the RB-57F aircraft overcomes this disadvantage by virtue of a "memory storage" capability.

The recorder has two tapes — one in the form of a loop with a two-minute period, and the other a five-hour tape reel to make a permanent record of special incidents. As the aircraft climbs through 40,000 feet, an altitude detector automatically turns on the loop which then continuously records aircraft altitude, pitch and roll attitude, vertical acceleration, airspeed, and outside air temperature. The last three measured signals are simultaneously scanned by exceedance detectors for parameter fluctuations exceeding present levels. When an exceedance does occur, the control logics actuate the tape reels to transfer the data from the loop to the storage tape, giving a permanent record of the exceedance plus the two minutes of flight data before and after it. This occurs whenever a vertical acceleration increment exceeds 0.35g (35 per cent of the acceleration of gravity), when the rate of change of indicated airspeed is equal to or greater than five knots a second, or when the change in total temperature is equal to or greater than either 2.5 degrees Centigrade in 30 seconds or 1.25 degrees Centigrade in one second.

Every stored event or incident on the permanent record tape is identified by a coded digital clock time superimposed on one of the recorded signals. For each exceedance the aircraft's navigator logs the digital clock time along with geographical position, aircraft weight, doppler winds, and his comments on autopilot mode, severity

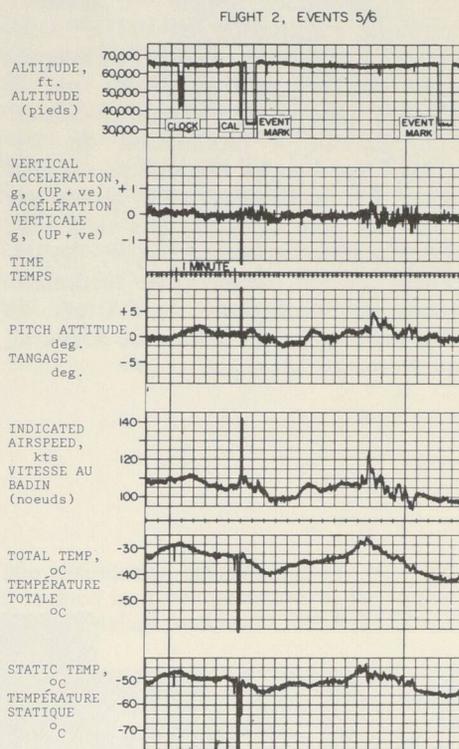
were above 40,000 feet.

During the cruise portions of the 19 flights, there were 26 events with recorded turbulence and 25 events with temperature changes exceeding 2.5 degrees Centigrade in 30 seconds (i.e. about  $\frac{3}{4}$  °C per nautical mile). Seventy-four minutes of turbulence was encountered at altitudes above 40,000 feet, representing 1.6 per cent of the flight time at these altitudes.

Most of the turbulence and larger rates of change of temperature encountered in these winter and spring flights were the result of mountain waves, strong disturbances created when high winds blow normal to mountain ranges during certain conditions of atmospheric stability. A significant and surprising finding has been the magnitude of these disturbances in the stratosphere, even at altitudes above 60,000 feet, that is, at over five times the height of the generating mountains. One incident reveals a 22 nautical mile wave in the temperature data and a true longitudinal gust of over 80 feet per second on the indicated airspeed trace. Other encounters with mountain waves have given temperature changes of five degrees Centigrade in two-thirds of a mile at 63,000 feet, and 12 degrees Centigrade in five miles at 40,000 feet. The strongest turbulence has been found to occur usually in the troughs of the mountain waves, that is, where the measured temperature is above the local average.

In September, the instrumented RB-57F was flown from its base in Albuquerque, New Mexico, to the Flight Research Section at Uplands for instrumentation modifications, adjustments, and recalibration. While in Ottawa, two three-hour test flights were made to check the operation of the recorder and instrumentation, and to cross-check measured temperature and wind data with that recorded by the NAE T-33. After a week in Ottawa, the aircraft returned to its base in New Mexico to resume the measurement of turbulence and temperature changes encountered on its routine operational and training flights over western North America.

Mr. MacPherson says the tests to date show that the instrument package built for the "Coldscan" program is ideally suited for this type of research. □



Results of the second Coldscan flight

Quelques résultats du deuxième vol

of turbulence, and local weather conditions. Completed tapes with the navigator's data logs and route maps are sent to NAE for analysis. Events with significant turbulence or large temperature changes along the flight path are selected for more detailed study, including an analysis of meteorological conditions by Graeme Morrissey, a research meteorologist with the Atmospheric Research Section, Meteorological Service of Canada.

Between January 31st and July 9th, 1969, the first 19 "Coldscan missions" were flown on routine operational and training routes over the central and western United States. The aircraft flew more than 30,000 miles during 88.5 hours of flight, 75.2 of which

## turbulence . . .

Écoutons J. E. MacPherson et K. Lum de la Section des recherches en vol: "Le but de ces vols d'exploration est d'étudier chaque cas de turbulence à très haute altitude en vue des vols opérationnels des avions civils de l'avenir, d'essayer d'établir une relation entre d'une part, la nature et la sévérité de la turbulence et, d'autre part, le lieu géographique et les conditions météorologiques locales et, enfin, d'établir une corrélation entre la turbulence et les brusques changements de température le long de la trajectoire."

Le désavantage de la plupart des systèmes d'enregistrement de la turbulence lors de vols systématiques est qu'ils recueillent continuellement pendant des heures des données qui exigent un long dépouillement ne comportant qu'un seul incident. L'enregistreur magnétique installé sur le RB-57F dispose d'une mémoire spéciale qui permet d'éliminer cet inconvénient.

L'enregistreur comporte deux bandes: une boucle enregistrant pendant deux minutes et une bande de cinq heures sur laquelle sont accumulés les incidents spéciaux. Pendant que l'avion monte à 40 000 pieds, un altimètre met la boucle en marche automatiquement. L'altitude de l'avion, le roulis, le tangage, l'accélération verticale, la vitesse aérodynamique et la température de l'air ambiant y sont enregistrés. Les trois derniers signaux sont explorés simultanément pour détecter les valeurs dépassant des seuils choisis. Lorsqu'un dépassement se produit, la logique de commande transfère de la boucle à la bande de longue durée le dépassement et deux minutes de données enregistrées avant et après le dépassement. C'est ce qui se produit chaque fois que l'accélération verticale augmente de 0.35g, que l'accélération sur la ligne de vol est égale ou supérieure à cinq nœuds par seconde ou que la température totale change d'une quantité égale ou supérieure à 2.5°C en 30 secondes ou de 1.25°C en une seconde.

Chaque événement, ou incident, enregistré sur la grande bande magnétique est repéré au moyen d'un temps, sous forme numérique codée, superposé au signal enregistré. Pour chaque dépassement le navigateur note ce temps codé et la position géographique de l'avion, son poids, la direction et la vitesse des vents déterminés par

effet Doppler, ses commentaires sur la réponse du pilote automatique, sur la sévérité de la turbulence et sur les conditions météorologiques locales. Les bandes magnétiques pleines et les notes du navigateur ainsi que les cartes de navigation sont envoyées pour analyse à l'Établissement aéronautique national. Les événements témoignant d'une turbulence importante ou de grands changements de température le long de la ligne de vol sont sélectionnés pour faire une étude plus détaillée dont une analyse des conditions météorologiques, par Graeme Morrissey, météorologiste de recherches de la Section de recherches atmosphériques du Service météorologique du Canada.

Entre le 31 janvier et le 9 juillet 1969, on a procédé à 19 vols "Coldscan" sur des trajets habituels et sur des circuits d'entraînement dans le centre et l'ouest des États-Unis. Les avions ont parcouru plus de 30 000 miles nautiques au cours de 88.5 heures de vol dont 75.2 au-dessus de 40 000 pieds.

Pendant le vol de croisière de ces 19 explorations on a enregistré 26 cas de turbulence et 25 de changements de

température dépassant 2.5°C en 30 secondes (c'est-à-dire environ ¾°C par mile nautique). On a trouvé en tout 74 minutes de turbulence au-dessus de 40 000 pieds, soit 1.6% du temps de vol à ces altitudes.

La majeure partie de la turbulence et des grands changements de température au cours de l'hiver et du printemps provenait des ondes de montagnes, c'est-à-dire des fortes perturbations créées en altitude par des vents puissants soufflant perpendiculairement aux chaînes de montagnes lors de certaines conditions de stabilité atmosphérique. Un résultat surprenant et important a été de mettre en relief l'ampleur de ces perturbations dans la stratosphère, même à des altitudes supérieures à 60 000 pieds, c'est-à-dire à cinq fois la hauteur des montagnes les ayant engendrées. Un incident, par exemple, provient d'une onde de 22 miles nautiques repérée en examinant le profil des températures et en décelant une rafale longitudinale de plus de 80 pieds par seconde. D'autres ondes de montagnes ont donné des changements de température de 5°C sur ¾ de mile à 63 000 pieds et de 12°C sur cinq miles à 40 000 pieds. En général, on a trouvé la plus forte turbulence dans le creux des ondes de montagnes c'est-à-dire où les températures mesurées sont au-dessus de la moyenne locale.

En septembre, le RB-57F équipé de ces instruments a parcouru la distance séparant Albuquerque, au Nouveau Mexique, de la Section de recherches en vol à Uplands, pour faire modifier certains instruments et pour régler et réétalonner les autres. A Ottawa, on a procédé à deux vols de 3 heures pour s'assurer du bon fonctionnement de l'enregistreur et des autres instruments et pour comparer les mesures des vents et des températures obtenues avec celles du T-33. Après une semaine à Ottawa, l'avion est retourné à sa base au Nouveau Mexique pour continuer les mesures de turbulence et de changements de température au cours de missions analogues aux précédentes mais au-dessus de l'ouest de l'Amérique du nord.

D'après M. MacPherson, les essais ont, jusqu'à ce jour, montré que la chaîne d'instruments créée pour "Coldscan" est idéale pour ce type de recherche. □

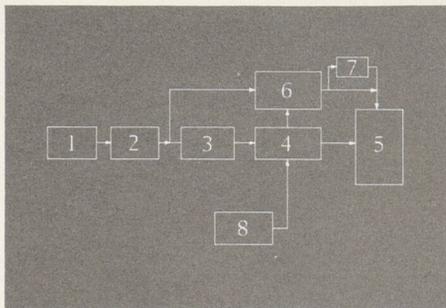


SCHÉMA DE LA CHAÎNE DES APPAREILS DE MESURE

1. capteurs, 2. régulateur des signaux, 3. détecteur de dépassements, 4. logique des commandes automatiques, 5. enregistreur de l'EAN, 6. étalonneur en vol, 7. horloge, 8. commandes manuelles.

### FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM OF COLDSCAN INSTRUMENTATION

1. transducers, 2. signal conditioner, 3. exceedance detectors, 4. auto-mode control logics, 5. NAE memory recorder, 6. in-flight calibrator, 7. time clock, 8. manual control box.

