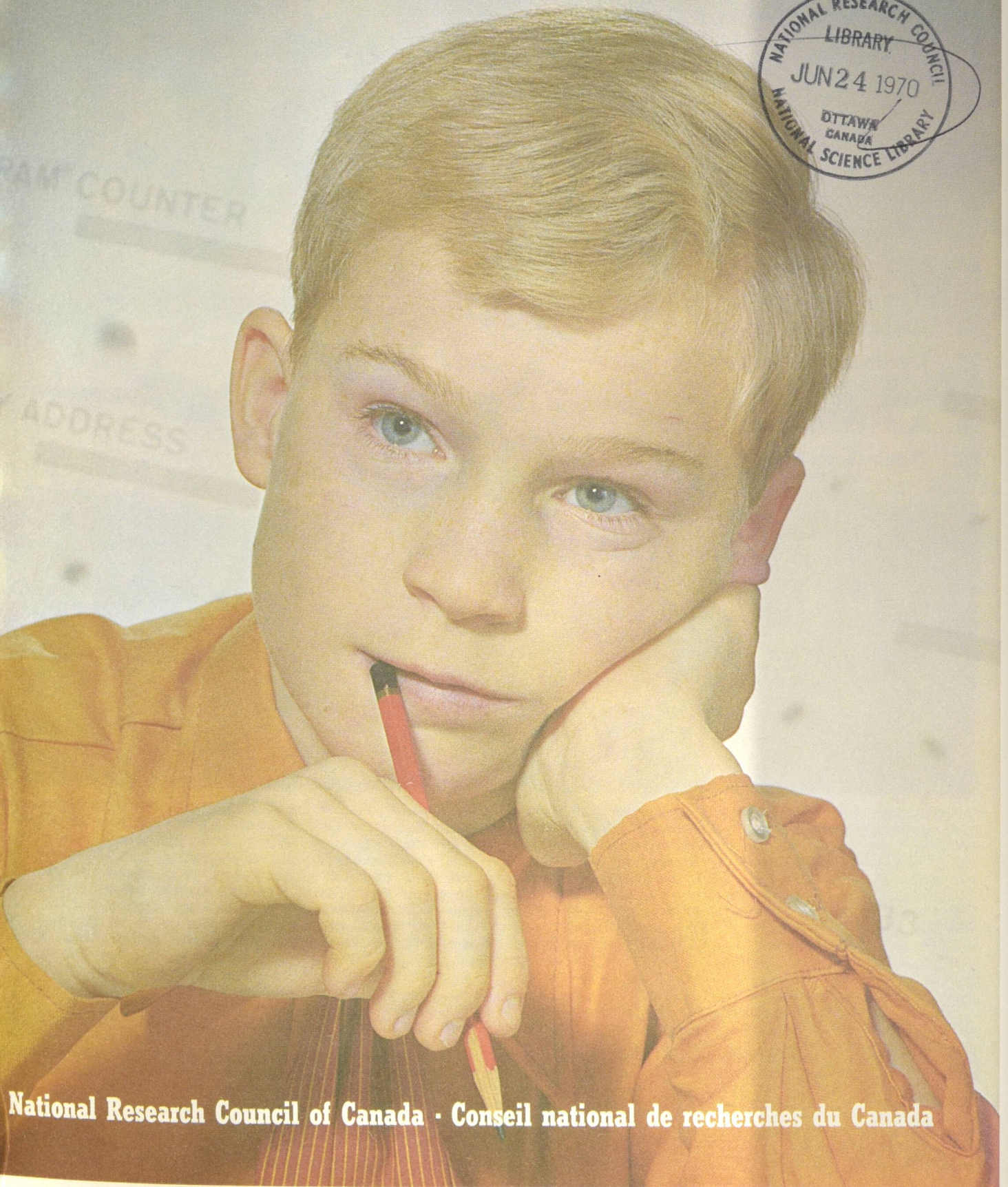
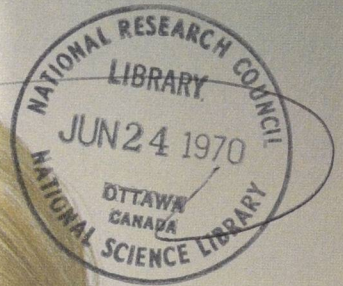


SCIENCE DIMENSION

Vol. 2 No. 2, April - Avril 1970



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

SCIENCE DIMENSION

VOL. 2 NO. 2, APRIL 1970

VOL. 2 NO. 2, AVRIL 1970

CONTENTS - SOMMAIRE

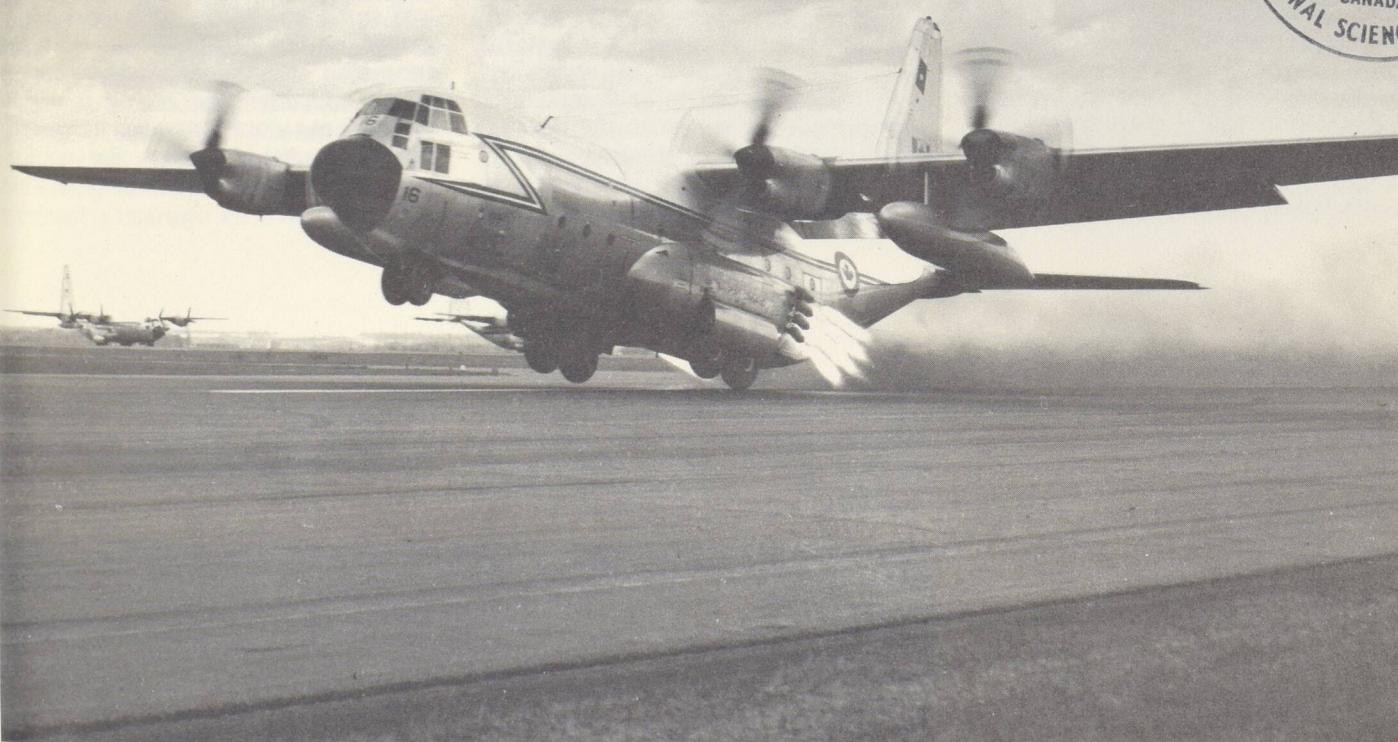
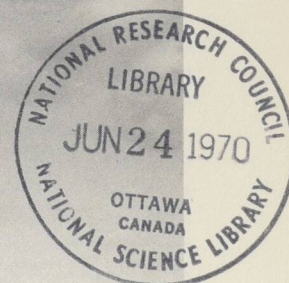
-
- 4. Computer-aided learning
 - 5. Les ordinateurs et l'enseignement
-
- 10. Airborne simulation
 - 11. Simulateur volant
-
- 14. Gait characteristics study
 - 15. Comment marche-t-on?
-
- 20. New brain and artery surgery
 - 21. Nouvelle technique chirurgicale
-
- 24. Quality control of butter
 - 25. Le contrôle de la qualité du beurre
-
- 26. Electrons in metal
 - 27. Les électrons dans les métaux
-
- 30. Muskeg Engineering Handbook
 - 31. Manuel de l'Ingénieur des pays à muskeg
-

Cover photograph: Computer-aided learning by Grant Crabtree of NRC. See page 4.

Notre couverture: Les ordinateurs et l'enseignement. Par Grant Crabtree du NRC. (Voir page 4).

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.



An instrument invented by the National Research Council of Canada for rapid location of missing aircraft has found widespread acceptance in the world's marketplace. The instrument, manufactured by Leigh Instruments Limited of Carleton Place, Ontario, and known as a Crash Position Indicator, flies free of an aircraft at the moment of impact, lands in an undamaged condition and begins broadcasting a distress signal which can be picked up by search and rescue aircraft. It also contains a tape cassette system developed by Leigh Instruments, which records and preserves vital flight data. Such information can help determine the cause of a crash. Sales of CPI systems, mainly in the export market, now total some 2,000 valued at about \$20,000,000. The latest major contract involves an expenditure of \$1,500,000 to equip the Canadian Forces' fleet of Hercules transport aircraft (shown above) with crash position indicators and flight data recorders. The company also has a contract to supply similar equipment for the United States' Navy's P3 Orion aircraft.

Un instrument inventé par le Conseil national de recherches du Canada et servant à déterminer rapidement l'emplacement d'un avion porté manquant a beaucoup de succès sur le marché mondial. Cet instrument fabriqué par la compagnie Leigh Instruments Limitée de Carleton Place, dans l'Ontario, est appelé "indicateur de position d'écrasement au sol"; au moment de l'impact, il est projeté de l'avion et il commence à émettre des signaux de détresse que des appareils de sauvetage peuvent détecter. Cet instrument contient aussi un enregistreur magnétique du type à cassettes, construit aussi par la compagnie Leigh Instruments Limitée, qui enregistre des données de vol très importantes d'où l'on peut, en général, déduire les causes de l'écrasement au sol. On a maintenant exporté 2 000 de ces instruments dont la valeur globale est d'environ 20 000 000 de dollars. Le dernier contrat important concerne l'équipement des avions de transport "Hercule" de l'Armée de l'air canadienne pour une somme de 1 500 000 dollars. Cette compagnie a aussi un contrat grâce auquel elle équipera les appareils Orion P3 de la Marine américaine.

Second phase of research in computer-aided Learning systems

The National Research Council of Canada has entered the second phase of a long-range program of research, development and evaluation in the field of computer-aided learning systems.

The main tool to be used in this research effort is a new \$431,000 PDP-10 time-sharing computer purchased from Digital Equipment of Canada Ltd., of Carleton Place, Ont.

The computer forms a centralized research facility which will be used jointly by NRC, educational bodies, other research institutions and government departments to develop and assess methods by which computers can be used as aids to learning. The preparation and presentation of course material stored in the centralized computer in either English or French, will be possible through remote terminals connected to the NRC facility through

conventional communication channels. This means that courses and techniques developed by one of the participating groups can be made available immediately to all other cooperating agencies for application in their research programs.

System design, development of specialized terminal facilities and system programming has been undertaken by the Information Science Section of NRC's Radio and Electrical Engineering Division under the immediate direction of J. W. Brahan. Universities and provincial educational bodies will develop and evaluate course material, test the effectiveness of specialized terminal equipment through actual use and provide assistance in the development of systems programming.

W. C. Brown, Head of the Section, said "it should be clearly understood

that our plans include no work on curriculum content — that is strictly a matter for educational authorities. Likewise the evaluation of the system as it evolves will be under the direction of competent educators.

"Each collaborating sector — education, industry and governments — will contribute in the field appropriate to its professional competence," Mr. Brown says.

Mr. Brahan says the first phase of the project covered some 18 months of research. It involved the use of two small computers and three time-shared on-line terminals — teletypes connected to the central computer which contained the course material, the student records and the system control programs. Lectures and conference papers have acquainted a wide

→

The PDP-10 time-sharing computer being used in research into computer-aided learning systems. Left to right—J. W. Brahan, W. C. Brown and Martha Symonds, seated at a student terminal.

L'ordinateur PDP-10 et les expérimentateurs, MM. J. W. Brahan et W. C. Brown; Martha Symonds, assise, joue le rôle d'une élève.



Ordinateurs appliqués à l'enseignement, deuxième phase

Au Conseil national de recherches du Canada, nous entrons dans la deuxième phase d'un programme d'études à long terme visant à adapter les ordinateurs à l'enseignement pour en élever le niveau.

L'élément principal des installations est un nouvel ordinateur PDP-10, à temps partagé, vendu 431 000 dollars par la compagnie Digital Equipment of Canada Ltd., de Carleton Place, dans l'Ontario.

Cet ordinateur sera utilisé par le Conseil, par les organismes d'enseignement, par d'autres centres de recherches et par différents ministères du gouvernement fédéral pour mettre au point les méthodes d'utilisation. On y mettra en mémoire les cours, en français ou en anglais, que les étudiants, les enseignants et toute autre personne désirant s'instruire et vivant dans des

régions éloignées et isolées, pourront obtenir grâce à des installations spéciales reliées par fil à l'ordinateur.

La conception de l'ensemble, la mise au point des installations terminales spécialisées et la programmation sont placées sous la responsabilité de M. J. W. Brahan, de la Section d'informatique à la Division de radio-technique et d'électrotechnique du CNRC tandis que les universités et les spécialistes de l'éducation dans les provinces mettront au point et évalueront le contenu des cours, essayeront les équipements terminaux et aideront aussi les ingénieurs du CNRC à programmer.

Monsieur W. C. Brown, chef de la Section, nous a dit: "Il est important de faire ressortir ici que notre travail ne consiste pas à s'occuper du contenu des cours qui relève uniquement des

autorités de l'éducation. L'évaluation du système, au fur et à mesure de son développement, sera aussi entièrement placée sous la responsabilité d'éducateurs compétents".

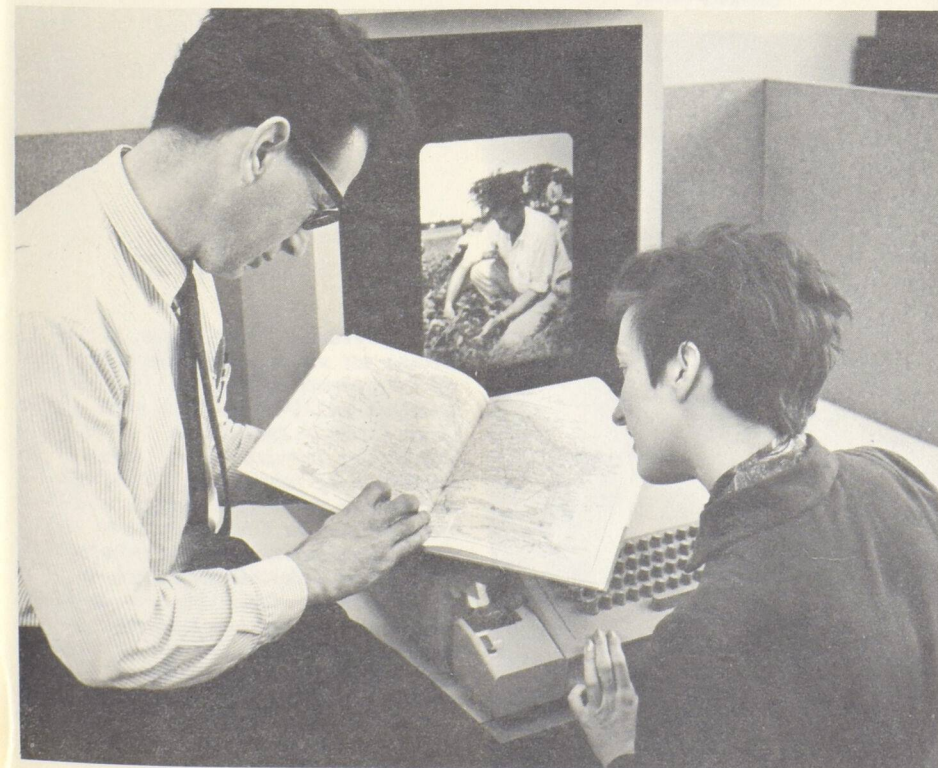
"Chaque secteur, c'est-à-dire les éducateurs, les industriels et les représentants de l'État apportera sa contribution dans le domaine qui lui est propre."

Selon M. Brahan, la première phase a duré 18 mois pendant lesquels on s'est servi de deux petits calculateurs et de trois télétypes à temps partagé. Des conférences et des communications ont familiarisé un vaste auditoire d'éducateurs canadiens avec ces premiers travaux et avec la deuxième partie du programme pour laquelle les éducateurs devront co-opérer étroitement s'ils veulent évaluer les résultats.

→

John Humphries, ingénieur, et Martha Symonds. L'ordinateur choisit une diapositive et la projette pour illustrer le texte qu'il envoie par télétype.

John Humphries, engineer, and Martha Symonds, at student terminal. Photograph on screen is a slide controlled by computer to supplement material provided to students on a teletype by computer.



learning systems

audience of professional educators in Canada with the initial NRC work and the second phase of the program, involving cooperative, evaluative work with a selected group of educators, now is in progress.

The establishment of the central research facility required a much larger and more up-to-date computer than the experimental equipment which was the vehicle for the first phase of development. The PDP-10 computer system includes 32K words of core storage (36 bits per word) and a 500,000 word fixed-head disc store. This initial system configuration will permit the development of system control programs and also the development of course materials by the cooperating agencies. As the program proceeds, it is planned to add storage capacity to meet the demands placed on the system by field testing and the expected

increase in the number of users.

One of the objectives of the research program is to develop a facility which will permit great flexibility in the design of student terminals. In some cases the student terminal may only be a teletype. However, in other cases it may be desirable to study the benefits obtained from additional communication equipment connected to the centralized computer. Such equipment would include television displays, slide projectors and audio recorders.

The first educational body to be linked to the computer by on-line terminals will be the Ontario Institute for Studies in Education, Toronto. A number of other educational research groups will be linked to the system later.

The NRC program is concerned with the problems involved in the application of the digital computer as an

aid to teaching. It will include the assessment and subsequent development where necessary of input and output equipment, information storage and retrieval methods and the systems programming required to make computer-aided learning systems effective at all educational levels.

"The over-all objectives of this research are to provide impartial assistance nationally in the evolution and evaluation of computer-aided learning systems and to increase educational productivity through the introduction of an acceptable Canadian system," Mr. Brown says. "The program to be followed will make it possible for one central research facility to be employed optimally by educators from all provinces at minimum cost while contributing to the orderly evolution of standards on a national basis."

→

W. C. Brown



Mr. Brown was born in St. John's, Newfoundland, and graduated from McGill University in 1941 with honors in Electrical Engineering. After serving on the staff of McGill University in 1941-42, he joined the Canadian Army in 1942 where he was engaged in radar design and production engineering until he joined the Radio and Electrical Engineering Division of NRC in 1946. Mr. Brown, Head of the Division's Information Science Section, directed many military radar development programs from 1943 to 1946. In recent years he has directed the development of weather satellite ground stations used by the Department of Transport and NRC's current program on computer-aided learning.

Né à St-Jean, à Terre-Neuve, M. W. C. Brown est un ingénieur électricien sorti de l'Université McGill en 1941 où il a enseigné en 1941-42. Il a servi ensuite dans l'Armée canadienne où on lui a confié des travaux sur le radar et les méthodes de fabrication. Il est entré à la Division de Radiotechnique et d'Electrotechnique du CNRC en 1946 et il y est aujourd'hui Chef de la Section d'informatique. Ces dernières années il a dirigé la mise au point de stations au sol liées aux satellites météorologiques et utilisées par le Ministère des transports; il dirige maintenant les études visant à appliquer les ordinateurs à l'enseignement.

ordinateurs . . .

Cette deuxième phase rend nécessaire un ordinateur plus complexe que celui qui a servi jusqu'à maintenant et c'est pourquoi on a choisi le PDP-10 comprenant 32 mots-clés de mise en mémoire sur ferrites (36 bauds par mot) et une mémoire sur disque à tête fixe de 500 000 mots. On ajoutera des mémoires au fur et à mesure des besoins.

L'un des objectifs de cette recherche est de mettre au point un ensemble permettant aux utilisateurs de se servir d'équipements très variés. Dans certains cas ces équipements pourraient se limiter à un télétype. Dans d'autres cas, il serait intéressant d'évaluer les avantages que l'on pourrait tirer de moyens complémentaires de communication avec le calculateur central, c'est-à-dire de la télévision, de la projection de diapositives et de la radio-diffusion de commentaires et de cours.

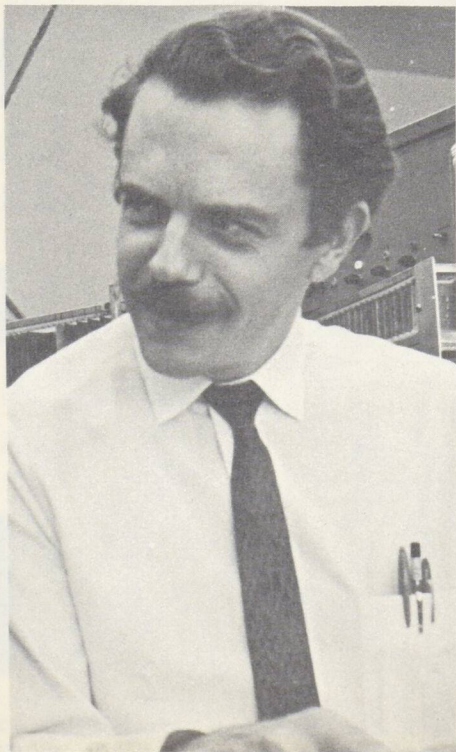
L'Institut des études en éducation à l'Université de Toronto bénéficiera de la première liaison avec l'ordinateur, puis viendra le tour d'autres organismes de recherche pédagogique.

Monsieur Brown nous a dit: "Les objectifs globaux de ces études sont d'obtenir une aide impartiale et nationale dans l'évolution et l'évaluation des systèmes d'enseignement basés sur l'utilisation d'ordinateurs et d'augmenter le rendement en introduisant dans tout le pays un système canadien acceptable. Le programme que nous allons suivre devrait permettre aux enseignants de toutes les provinces d'utiliser, au moindre coût et à l'optimum, une installation de recherche centrale tout en contribuant à l'élévation ordonnée du niveau de l'enseignement dans tout le pays".

Naturellement M. Brown précise bien que l'enseignement, même à l'aide

d'ordinateurs, ne pourra se faire sans les professeurs mais que ces derniers n'auront plus à consacrer tant de leur temps précieux à une multitude de travaux ce qui leur permettra de mieux suivre chacun de leurs élèves. Un système conçu avec grand soin devrait pouvoir "faire" des leçons dont le contenu, la durée et la vitesse d'enseignement seraient en rapport avec les capacités intellectuelles de chaque élève. Ainsi l'élève doué serait avantagé tout comme celui pour qui les répétitions sont nécessaires. Ce système aurait en outre l'avantage d'une adaptation très souple dans le cas des personnes retardées ou de celles que la maladie retient à la maison ou à l'hôpital. Il faut toutefois remarquer que seulement un faible pourcentage du temps des élèves sera normalement utilisé pour cette sorte de conversation avec
→

J. W. Brahan



Né à Saskatoon, au Saskatchewan, M. J. W. Brahan a fait ses études à l'Université de Colombie britannique d'où il est sorti ingénieur-physicien en 1954 pour entrer à la Division de Radiotechnique et d'Electrotechnique du CNRC où il a fait des recherches sur le radar, sur les ordinateurs et sur les applications des ordinateurs à l'enseignement.

Mr. Brahan was born in Saskatoon, Sask., and graduated from the University of British Columbia in 1954 with a Bachelor of Applied Science in Engineering Physics. He joined the staff of the Radio and Electrical Engineering Division of NRC in 1954. Since 1954 he has worked in the field of radar displays, digital computer development and computer-aided learning systems.

learning systems

Mr. Brown emphasizes that computer-aided teaching systems will not replace teachers, but will relieve them of time-consuming routine tasks making it possible for them to give more attention to the problems of individual students. A carefully designed system can tailor lessons to the needs and the learning rate of the individual student: it can challenge the gifted, enrich the curriculum of the superior student, provide the more repetitious instruction needed by the slow learner and afford the special facilities needed for the disadvantaged and those confined through illness. Probably only a small percentage of a student's time will be occupied with a computer in a conversational mode; much of the learning period likely will be occupied with tutorials and discussion groups under

the teacher's guidance.

A major advantage of such systems is that a computer is impersonal and impartial. A student is not subject to class ridicule if he gives an incorrect answer and the computer can be programmed to provide statements progressively in greater depth until a point is clearly understood by the student.

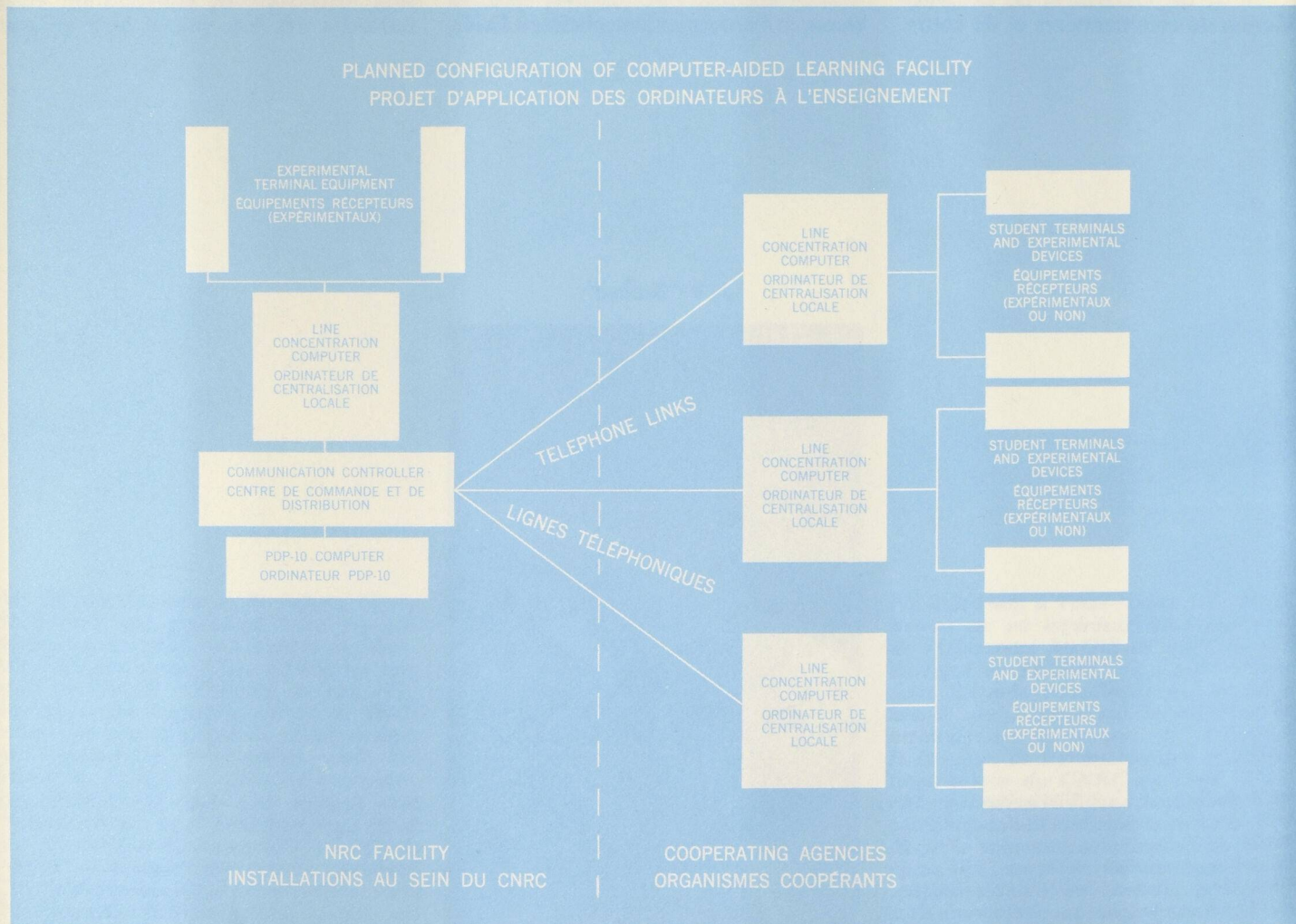
Such systems offer the possibility of a higher level of education for an increasing number of students, and assistance in the retraining of workers displaced by automation and in the training of immigrants.

Mr. Brown says detailed objectives of the program are:

- To provide a central research facility for cooperative development, evaluation and optimization.
- To serve as a nucleus for a national,

cooperative effort where each sector, government, educators and industry serve in their most effective role.

- To provide a source of unbiased advice and expertise.
- To encourage a flourishing Canadian market in educational electronics at home and abroad.
- To avoid fragmentation in this field through central coordination of effort.
- To achieve a sufficient degree of standardization that all educational activities in Canada can benefit from instructional material from any Canadian source.
- To achieve the integration of an information retrieval mode that will permit author, teacher, student and eventually home users, to have access to information banks. ☐



Remote terminals in cooperating educational groups across Canada may be used to prepare, evaluate and exchange course materials utilizing the NRC PDP-10 computer.

Les cours mis en mémoire dans l'ordinateur PDP-10 sont envoyés par fils jusqu'aux ordinateurs de centralisation locale où les utilisateurs se les procurent.

ordinateurs . . .

l'ordinateur et que le reste du temps sera sans doute consacré à des études personnelles et à des mises au point par le professeur ou à des discussions de groupe dirigées par le professeur.

L'ordinateur aura aussi l'avantage d'être impartial lorsqu'il s'agira de donner des notes aux élèves et de ne pas mettre en relief les mauvaises réponses déclenchant l'hilarité générale à laquelle les timides sont si sensibles.

Le système qu'on essaye de mettre au point pourrait être aussi précieux pour faire des cours de recyclage ou pour assurer la nouvelle formation des ouvriers devant changer de métier par suite de l'automation; on pourrait aussi s'en servir pour instruire certains immi-

grants.

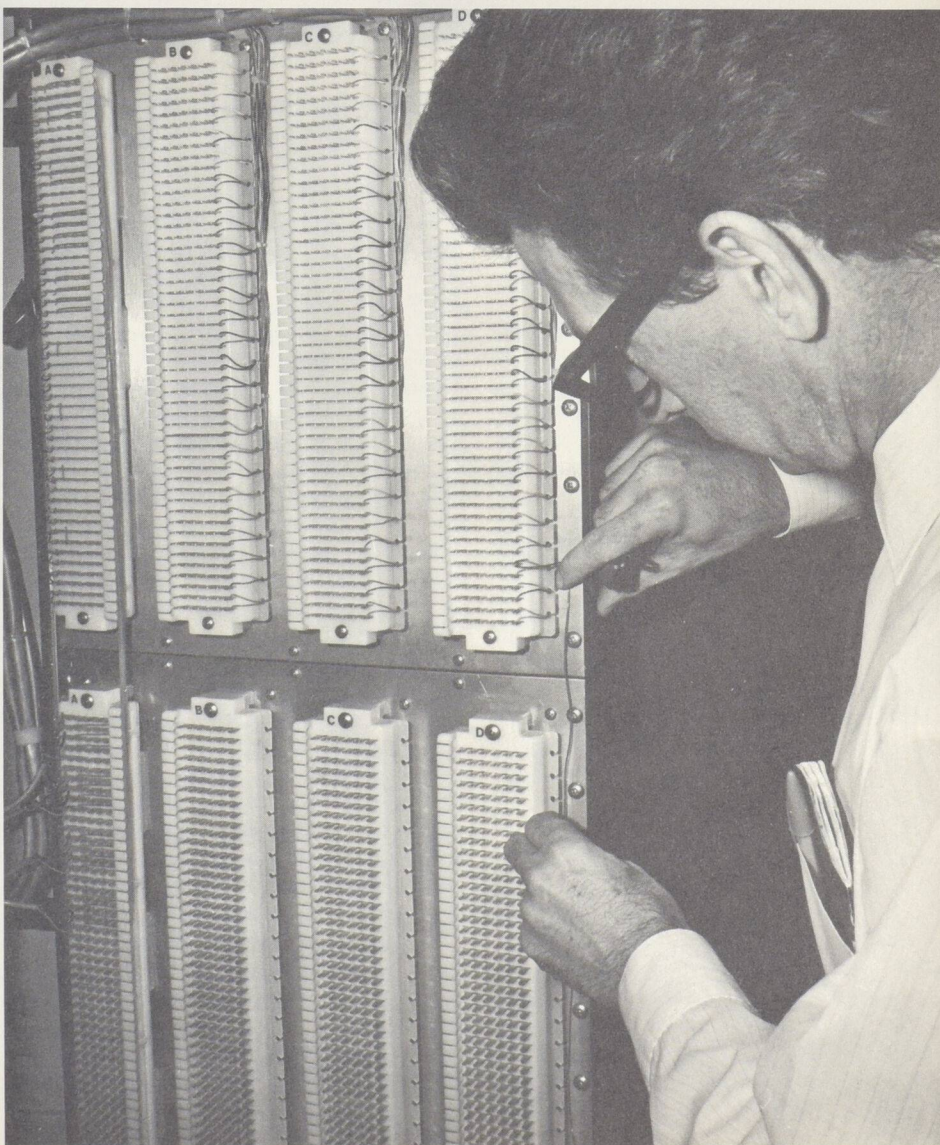
Selon M. Brown, les objectifs du programme peuvent être résumés ainsi:

- fournir une installation centrale de recherche appropriée à la mise au point, l'évaluation et l'optimisation du système,
- habituer un groupe, faisant oeuvre de pionniers, et constitué de représentants du gouvernement fédéral, des éducateurs et de l'industrie à collaborer,
- fournir une source de conseils impartiaux et agir en ingénieur-conseil,
- encourager la fabrication au Canada de matériels électroniques applicables à l'enseignement et exportables,
- éviter la dispersion des efforts dans

ce domaine grâce à un organisme central de coordination,

- obtenir une normalisation suffisante dont profiterait l'éducation canadienne dans son ensemble et permettre l'utilisation dans n'importe quelle partie du pays de méthodes et de cours mis au point dans d'autres parties du Canada,
- réussir à mettre au point un système permettant de retrouver des informations à la demande lorsque des auteurs, des enseignants, des étudiants et même des particuliers poseraient des questions à cette sorte de "banque" de l'information.

□



John Humphries examine les circuits du centre de commande et de distribution.

John Humphries examines circuitry of the communications controller.

New airborne simulator acquired by NRC For V/STOL research



The Bell 205A1 helicopter being developed as an airborne simulator to explore the flight characteristics of future generations of aircraft.

L'hélicoptère Bell 205A1 qui va être aménagé en simulateur volant devant donner les caractéristiques de vol des futurs ADAV.

Advances in aeronautics rely heavily on evolution and application of experimental techniques. Perhaps the earliest and best example of this is the wind tunnel which played a major role in the first powered air flight by the Wright Brothers at Kitty Hawk, N.C., in 1903.

On the morning of Dec. 17, before five local witnesses, Orville Wright, at the controls of the first Wright Flyer, took off into a 20-22 mile-per-hour headwind and flew for 12 seconds covering 120 feet of ground and over 500 feet in air distance.

To bridge the gap between gliding and powered flight, the Wright Brothers had to virtually abandon all preconceptions. "Having set out with absolute faith in the existing scientific data," wrote Wilbur to a colleague, "we were driven to one doubt after another, till finally, after two years of experiments, we cast it all aside and decided to rely entirely upon our own investigations."

Inaccurate air pressure tables drove the Wright Brothers to construct the first wind tunnel and balances accurate enough "to be of use in designing aircraft". The bulk of their experiments with model airfoils was done in a rudimentary wooden wind tunnel 16 inches square and six feet long. It had a gas motor driving a two-bladed fan and was capable of producing air blasts of between 25 and 35 miles per hour.

Since the first crude wind tunnel, a host of experimental techniques have been developed to help to carry man in six decades from the glider era into the space age. The progress in aerodynamics, in materials and structure and in power-plant design, has led to increased efficiency in each successive generation of aircraft. Correspondingly, this has increased the demands made upon the systems for orienting and controlling the aircraft and upon the pilot in manipulating these systems.

Flight simulators emerged as a tool for the solving of problems created by these demands in which the characteristics of the aircraft, the capabilities of the human pilot and the nature of the task to be performed are all intertwined.

The simulator originated as a ground-based training device, the best known being the Link Trainer. It was used during World War II to facilitate instrument flying instruction. Within the mock-up cockpit, with no visual references other than the usual flying instruments and with a crude representation of the motions encountered in flight, the environment created for the pilot was sufficiently realistic to permit useful training and consequently to conserve aircraft flying hours.

Crew training has continued to be a primary objective in simulator development and a whole series of relatively complicated ground training facilities

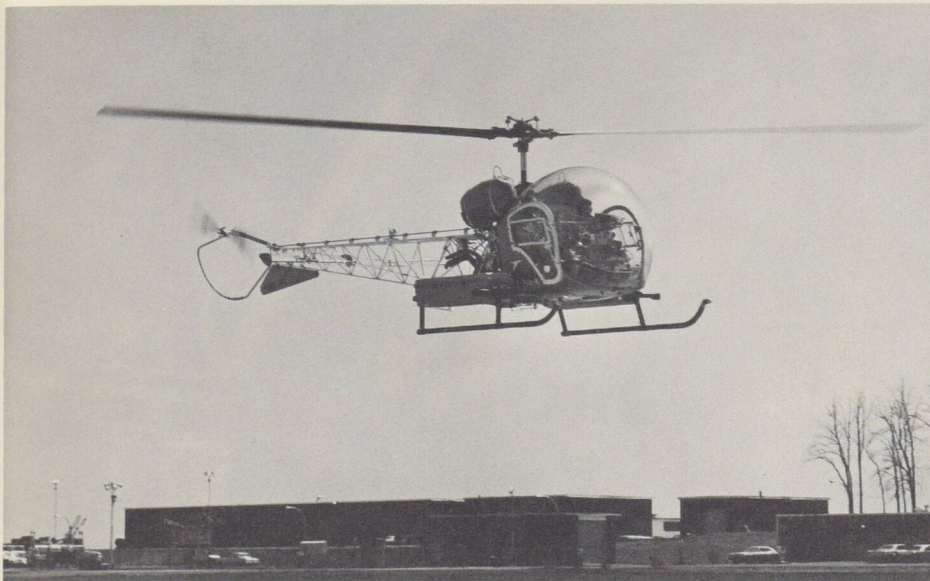
has evolved, in most cases with cockpits which duplicate those of particular aircraft.

In parallel with training simulators, a second entire simulator species has emerged to meet the much more varied requirements of research into the many other aspects of piloted flight. Such research simulators are seldom alike, each being built to suit a particular purpose.

An aircraft can move in what is called the six degrees of freedom. It can roll, pitch and yaw and it can move bodily in each of the three directions — back and forth, up and down and sideways. This means that, in striving for greater realism in the simulator in terms of visual and motion stimuli provided to the pilot, complexity is rapidly compounded so that cost ultimately imposes a practical limit on the over-all fidelity of the simulation.

To get around this disadvantage, the Flight Research Section of the National Aeronautical Establishment of the National Research Council of Canada is exploiting an alternative approach to simulation for research purposes. The attempt to represent synthetically the airborne environment is discarded. Instead, the real environment is retained by making use of a helicopter, converted to provide the same scope for experimentation observation and measurement as a laboratory on the ground. —>

Nouveau simulateur volant pour l'étude des **ADAV et ADAC**



Petit hélicoptère Bell utilisé comme simulateur volant depuis 1963.

The small Bell helicopter which has been used as an airborne simulator since 1963.

Le progrès en aéronautique dépend surtout de techniques expérimentales et le meilleur exemple que nous puissions en donner est peut-être celui des frères Wright qui ont dû construire une soufflerie pour obtenir les renseignements techniques qui les ont conduits finalement à leur premier vol à Kitty Hawk, en Caroline du nord, en 1903.

Le 17 décembre au matin, devant cinq témoins, Orville Wright décollait et parcourait une distance de 120 pieds en 12 secondes dans un vent de face de 20 à 22 milles à l'heure, ce qui signifie qu'il aurait parcouru une distance de 500 pieds s'il n'avait volé face au vent.

Naturellement, les frères Wright avaient étudié tous les documents existant à l'époque dans l'espoir d'y trouver des renseignements chiffrés applicables à leur projet d'avion. "Mais nous avons dû finalement, — a dit Wilbur —, ne faire confiance qu'à ce que nous avons trouvé par nos propres moyens".

Ils ont donc été amenés à construire la première soufflerie munie de balances précises. Cette soufflerie primitive était en bois, de section carrée de 16 pouces de côté, de six pieds de long et les écoulements atteignaient de 25 à 35 milles à l'heure grâce à un moteur à explosion entraînant un ventilateur à deux pales.

Depuis lors, bien des méthodes expérimentales ont été mises au point

pour passer, en 60 ans, du planeur à l'ère spatiale. Chaque génération d'avions a démontré une supériorité très nette sur la précédente grâce aux progrès accomplis en aérodynamique, dans la motorisation et dans l'art de construire les structures et d'utiliser les matériaux. Mais le pilotage, par contre, est devenu de plus en plus complexe car il a suivi inévitablement l'évolution des systèmes de commandes.

Les caractéristiques des avions et les manoeuvres que les pilotes peuvent faire sont si liées que de nouveaux problèmes sont nés de la complexité des nouvelles machines et l'on en est venu au simulateur de vol pour les étudier et les résoudre.

A l'origine, le simulateur était un appareil de formation au sol; on l'appelait "Link Trainer". Il a facilité l'instruction du personnel devant voler en PSV durant la Deuxième Guerre mondiale. A l'intérieur d'un cockpit simulé, sans référence visuelle, le pilote ne disposait que de ses instruments mais la simulation était suffisamment bonne pour lui permettre de s'entraîner au moindre coût.

La formation des équipages a continué à être l'objectif primordial des constructeurs de simulateurs et toute une série d'équipements d'entraînement a été créée; dans la plupart de ces simulateurs, le cockpit est reconstitué même dans le cas d'avions très particuliers.

En dehors de ces simulateurs de

formation des équipages, on en a construit pour aider les chercheurs dans leurs études de la mécanique du vol. Ces simulateurs de recherche ne se ressemblent que rarement et chacun d'eux est conçu pour résoudre un problème particulier.

Un avion peut se déplacer selon six degrés de liberté: il peut se déplacer selon trois axes c'est-à-dire avancer, monter ou descendre, dériver à droite ou à gauche et il peut aussi tourner autour de ces trois axes, c'est-à-dire tanguer, rouler ou avoir un mouvement de lacet. Un simulateur idéal devrait reproduire visuellement et, si possible, sensoriellement ces six degrés de liberté. Ce simulateur idéal n'existe pas car il serait si complexe que son prix de revient ne le justifierait pas et c'est la raison pour laquelle on se contente d'une limite de fidélité globale de la simulation.

Très avertie de ces problèmes, la Section de recherche en vol de l'Établissement aéronautique national essaye d'adopter une solution intermédiaire. On ne cherche pas à simuler au sol les conditions ambiantes du vol mais on utilise un hélicoptère pour les représenter, cet hélicoptère étant équipé spécialement pour accepter les signaux d'entrée que l'on pourrait injecter dans un simulateur au sol.

Les premiers travaux sur simulateur volant ont eu lieu aux États-Unis après 1950 en utilisant un avion. C'est en

→

Development of the Bell 205A1 helicopter as an airborne simulator will be spread over a two-year period.

L'aménagement de l'hélicoptère Bell 205A1 en simulateur volant prendra deux ans.

Earliest work with airborne simulators was done in the U.S. in the 1950's using fixed wing aircraft. Burgeoning interest in vertical and short takeoff and landing (V/STOL) aircraft prompted NAE in 1960 to undertake a major research program using helicopters.

Two pilots fly in the NRC simulator. One acts as safety pilot and program manager, the other as evaluation pilot. After the helicopter becomes airborne under the control of the safety pilot, the evaluation pilot takes over control, flying the aircraft in the ordinary manner. However, instead of directly manipulating the rotors, his controls generate electrical signals. These are fed into an onboard analogue computer in which electric models of flight and control characteristics of an existing or hypothetical V/STOL aircraft have been set up.

In response to these input signals, the computer sends output signals which activate hydraulic servo systems controlling the rotors, causing the helicopter to adopt the characteristics of the electric model. Special instruments measure the actual motion of the helicopter and compare this with the motion required by the electric model. The system acts to reduce to zero the difference between the actual and required motion. The behavior of

the helicopter thus becomes that of the model.

Initial experiments began in 1960, using a small Bell helicopter with a relatively simple system allowing the varying of the stability and control characteristics in three degrees of freedom (pitch, roll and yaw). A second Bell helicopter was equipped in 1963 with a more elaborate system allowing four degrees of freedom (it then became possible to change the characteristics for moving up and down).

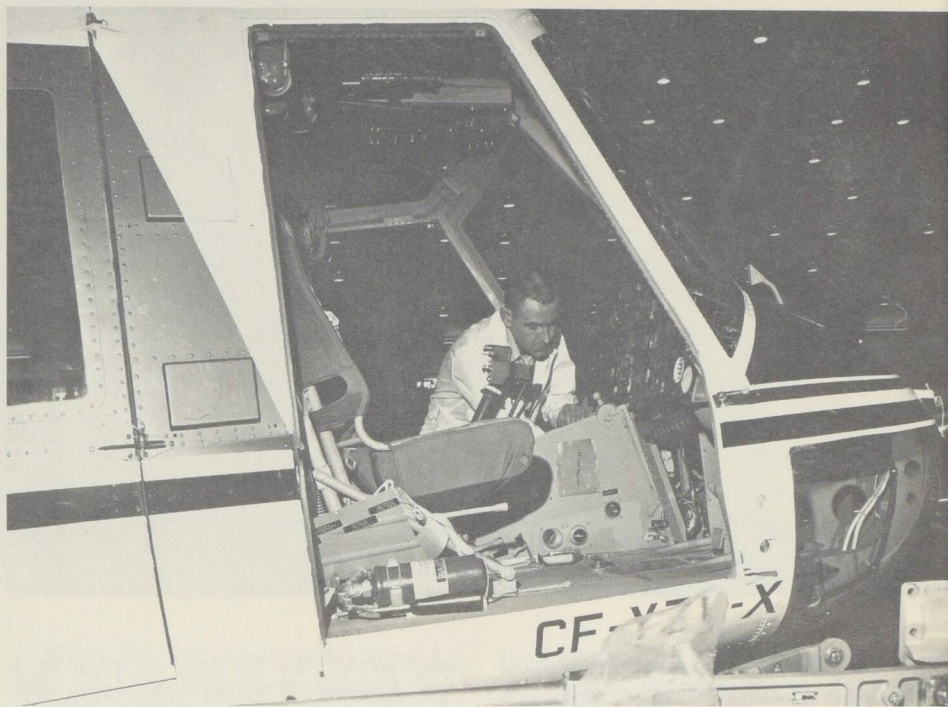
The NAE simulators have been used to study the flight characteristics of Canadair's tiltwing VTOL CL-84, DeHavilland's DHC-7, a STOL four-engined transport now being designed, and several jet-lift aircraft such as the British Short SC-1 and Hawker Harrier and the German SG1262. The Harrier is the U.K.'s first operational VTOL fighter. In addition, NAE has completed a number of basic research projects, some at the request of other research institutions.

Results have been such that A. D. Wood, Head of NAE's Flight Research Section, feels airborne simulation has proven its potential as a powerful research tool. "We have been able to show that a great many things can be done with airborne V/STOL simulators that cannot be accomplished on the ground — despite severe limita-

tions imposed by the small size (less than 3,000 pounds gross weight) and equipment carrying capacity of the helicopters so far used," Mr. Wood says.

To overcome the size and payload handicap, the section has taken delivery of a Bell 205A1 helicopter having a gross weight of 9,500 pounds. It has embarked on a \$1,500,000 two-year program to develop a system that is expected to provide it with an airborne simulator with variable characteristics in all six degrees of freedom.

"The major problem is to add a capability for varying the forces along the longitudinal and lateral axes," Mr. Wood says. "This will be done by installing an auxiliary jet engine above the cabin roof and ducting the high-velocity exhaust gas to controllable nozzles mounted outboard of the cabin on either side of the centre of gravity. The work involved in developing this system and the associated hydraulic and electronic components is likely to take about two years. At the end of that time, however, we expect to have in operation a truly versatile airborne simulator for exploring the flight behavior of future generations of aircraft, particularly those which will be able to operate from relatively small terminals within urban areas."



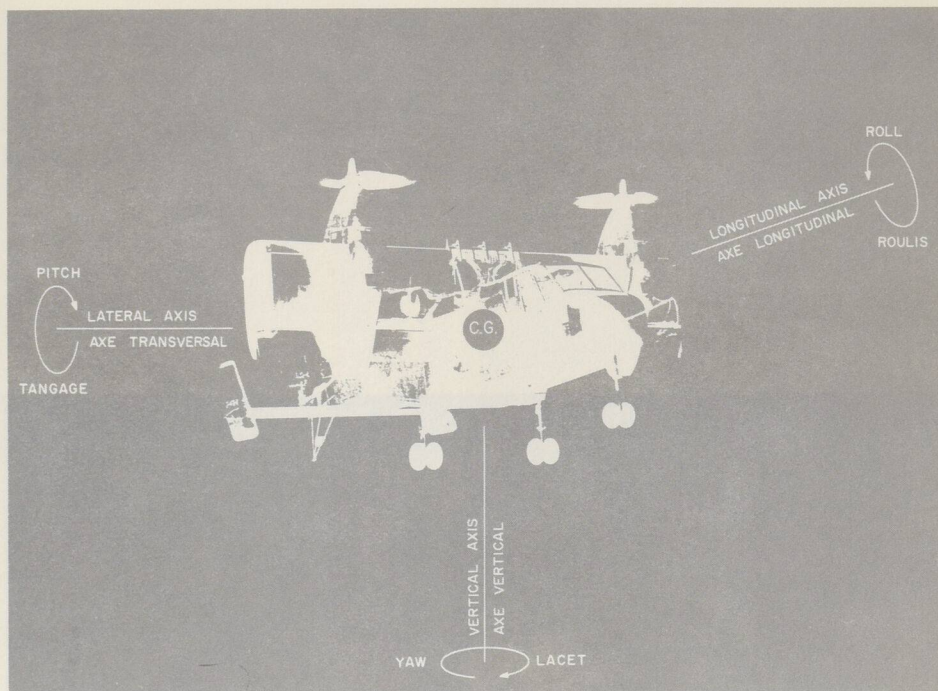
simulateur volant . . .

Les aéronefs ont six degrés de liberté, c'est-à-dire que leur centre de gravité (C.G.) peut se déplacer le long de trois axes et qu'ils peuvent tourner autour de chacun de ces trois axes.

Aircraft in flight has six degrees of freedom. Three linear degrees of freedom allow motion *along* each of the three axes. Three rotational degrees of freedom allow motion *about* each of the three axes.

1960, lorsque l'on a commencé à s'intéresser aux appareils à décollage et atterrissage vertical ou court (ADAV et ADAC) que l'Établissement aéronautique national a entrepris des recherches en se servant d'un hélicoptère plutôt que d'un avion.

Deux pilotes étaient à bord de ce simulateur volant. L'un pilotait la machine selon les règles habituelles et il était en même temps directeur du programme; l'autre procédait à l'évaluation en vol. Après le décollage, le pilote d'évaluation prenait les commandes qui, dès lors, n'actionnaient plus directement les rotors; les impulsions communiquées aux commandes étaient transmises à un ordinateur analogique embarqué qui modifiait ces impulsions en fonction du programme de l'étude avant de les diriger sur les asservissements hydrauliques qui agissaient à leur tour sur les rotors. À bord de l'hélicoptère se trouvaient des instruments spéciaux qui mesuraient les déplacements et les rotations et qui comparaient ces mesures avec celles que l'on cherchait à obtenir par l'intermédiaire du ordinateur analogique, c'est-à-dire avec les impulsions électriques transmises aux commandes. Le système était conçu pour tendre à réduire à zéro les différences entre le mouvement réel détecté par les instruments et le mouvement recherché.



Les premières expériences ont commencé en 1960 à l'aide d'un petit hélicoptère Bell, relativement simple, équipé d'un système de stabilité variable sur trois degrés de liberté (tangage, roulis et lacet). Un deuxième hélicoptère Bell a été équipé en 1963 d'un système plus compliqué donnant quatre degrés de liberté, c'est-à-dire les trois de l'hélicoptère précédent auxquels on a ajouté le mouvement vertical.

Les simulateurs de l'Établissement aéronautique national ont servi à étudier les caractéristiques de vol de l'ADAV à ailes basculantes CL-84 construit par Canadair, du DeHavilland DHC-7, d'un ADAC quadrimoteur maintenant à l'étude et d'appareils à jets défléchis porteurs ou à réacteurs de portance comme les avions britanniques Short SC-1, et "Harrier" et l'avion allemand SG1262. Le "Harrier" est le premier avion de chasse ADAV opérationnel en Angleterre. En dehors de ces travaux on a fait des études fondamentales, certaines à la demande d'organismes de recherche.

Les résultats ont été tels que M. A. D. Wood, chef de la Section de recherche en vol, pense que le simulateur embarqué constitue un puissant outil de recherche. "Nous avons pu démontrer, — nous a-t-il dit, — que l'on peut résoudre des problèmes avec

un simulateur embarqué même si l'hélicoptère pèse moins de 3 000 livres et que le poids des appareils de simulation à bord soit très réduit".

On va continuer les essais avec un hélicoptère Bell 205A1 pesant 9 500 livres et permettant d'emporter un simulateur plus lourd. Le programme de recherche doit durer deux ans et l'on pourra dépenser jusqu'à 1 500 000 dollars pour mettre au point ce simulateur volant à six degrés de liberté.

M. Wood a continué: "Le problème principal consiste à ajouter à ce que nous avons déjà des forces variables suivant l'axe longitudinal et suivant l'axe transversal. On y parviendra en installant au-dessus de la cabine un réacteur auxiliaire dont les gaz d'éjection seront amenés à des tuyères pilotables montées de chaque côté de la cabine sur un axe transversal passant par le centre de gravité de l'ensemble. Il faudra environ deux ans pour mettre au point ce système avec ses composantes hydrauliques et électroniques. C'est alors que nous disposerons d'un simulateur embarqué de grande souplesse d'utilisation pour explorer le comportement en vol de la prochaine génération de machines volantes et plus particulièrement de celles qui devront être utilisées en service sur des terrains relativement petits à l'intérieur de zones urbaines". □

Methods sought to restore locomotion to Paralysed lower limbs



Dr. Morris Milner (left) and Arthur Quanbury attach footswitch electrodes to the foot of a subject at the start of a gait characteristics study.

Le Dr Morris Milner (à gauche) et Arthur Quanbury fixent des électrodes de contact au pied d'un sujet dont ils vont étudier la démarche.

Joan Bryan admits to being somewhat self-conscious whenever visitors to the Control Systems Laboratory of the National Research Council of Canada catch her setting out on a walk.

The 21-year-old NRC secretary is one of several volunteers in a gait characteristics study being conducted by Division of Mechanical Engineering bioengineers Dr. Morris Milner and A. O. Quanbury. The study forms part of a larger research project for exploring the feasibility of restoring locomotion to persons with totally paralyzed lower limbs through applying programmed electrical stimuli directly to muscles or to the motor nerves of the afflicted limbs.

The two NRC bioengineers feel there is an important need for an instrument which would allow a clinician to readily observe and record the actual joint trajectories from a walking patient. Such an instrument, they say, should be useful in determining gait abnormalities or gait changes in patients recovering from an affliction or in those fitted with prosthetic devices.

Miss Bryan's task in the experiments is to try to walk under various conditions created by Dr. Milner and Mr. Quanbury in their efforts to develop a system for the computerized analysis of human locomotion.

In bandaged bare feet and wearing a minimum of clothes, she marches back and forth atop a 20-foot metallic strip, which is a portion of a 60-foot walk-way, to the measured cadence of an electronic beep that, together with a moving cart with which she must keep abreast, sets her predetermined pace. Each time metal pads affixed to her heels and toes make contact with the metal strip, signals are transmitted along wires running up her legs and pass through a junction box carried by a belt around her waist. Electrical signals generated by selected active muscles are picked up with special electrodes whose connectors also pass through the box. A digital computer will facilitate automation of the analysis of all these data. The box in turn is linked by a multi-core cable to equipment on the trolley car running on tracks immediately alongside the walk-way. From here, 16 millimeter film records her limb movements against a coded background. →

Pourra-t-on faire marcher de nouveau les paralysés des jambes?

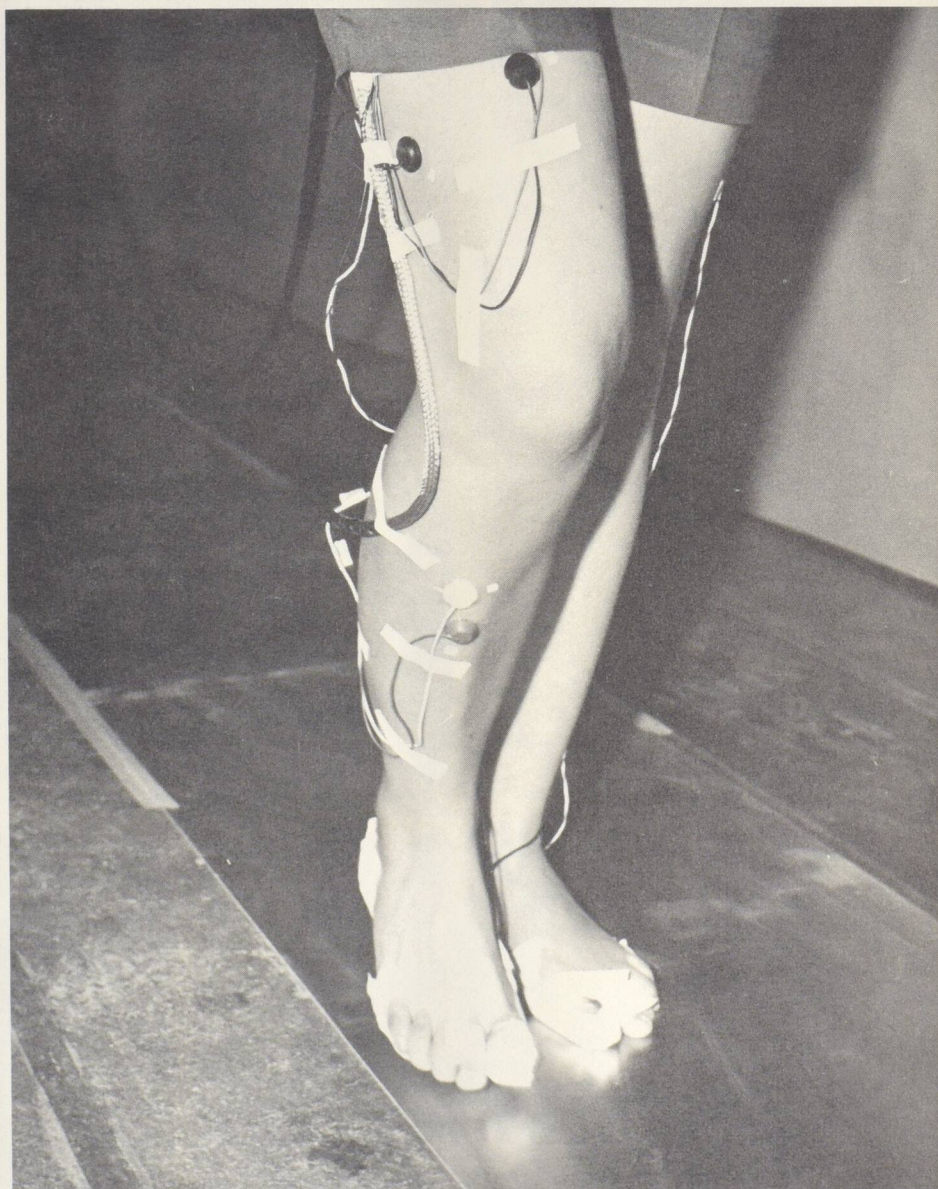
Joan Bryan avoue se sentir quelque peu gênée chaque fois que des visiteurs se présentent au laboratoire des systèmes de commande du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) au moment où elle se prépare à faire une marche.

Cette secrétaire de 21 ans est volontaire pour une étude de la cinématique de la marche effectuée par deux ingénieurs en bionique, de la Division de mécanique, le Dr Morris Milner et M. A. O. Quanbury. Cette étude fait partie d'un programme de recherche plus important visant à rendre la mobilité aux personnes affligées d'une paralysie totale des membres inférieurs, au moyen d'impulsions électriques programmées envoyées directement dans les muscles ou dans les nerfs-moteurs.

Ces deux ingénieurs estiment qu'il est nécessaire de disposer d'un instrument qui permettrait à un clinicien d'observer et d'enregistrer sur le champ le déplacement réel des articulations d'un malade pendant la marche. D'après eux, un tel instrument permettrait de déterminer les anomalies ou les changements de démarche chez des convalescents ou des malades munis de prothèses.

Le travail de Mlle Bryan consiste à essayer de marcher sous différentes conditions, créées par le Dr Milner et M. Quanbury, en vue de réaliser un système permettant d'analyser la marche en utilisant un ordinateur pour les calculs numériques.

Elle va et vient sur une bande métallique longue de 20 pieds, au rythme d'un signal électronique: un chariot porteur d'instruments l'accompagne parallèlement. Chaque fois que les plaques de métal fixées à ses talons et à ses orteils entrent en contact avec cette bande, des signaux sont transmis par des fils fixés à ses jambes et passant par une boîte de jonction maintenue à sa taille. Les signaux électriques émanant de muscles choisis sont recueillis par des électrodes spéciales dont les bornes passent également par la boîte de jonction; un calculateur numérique en facilitera l'analyse. La boîte de jonction est à son tour reliée par un câble multiconducteur à l'équipement installé sur le chariot. Une caméra de 16 millimètres filme les mouvements des jambes du sujet sur



Electrodes de contact et électromyographiques fixées par ruban adhésif à la jambe d'un sujet.

Footswitch electrodes and electromyographic electrodes taped on leg of test subject.

locomotion study

The photographic phase of the work is being done in cooperation with Dr. Tonis Kasvand, also of the Control Systems Laboratory. Joints or body points of concern are marked with either black adhesive tape or black ink. Films are taken against a Gray code background. A flying spot scanner feeds the photographic data from each frame directly into a digital computer which will be used to automate the analysis of joint motions.

Each frame of the photographed action, after being scanned by the flying spot scanner, will be analysed by a computer program under develop-

ment by Dr. Kasvand. Without this program, film would have to be analysed frame by frame by hand, Dr. Milner notes.

Extensions to this computer program are expected to produce the following information: planar position of various joints with the passage of time; the individual coordinates of the points of movement in the plane with time; and the time variations of angles between the lines constructed from each joint to the joints at the opposite extremes of the limbs or members of immediate concern.

In earlier work, Dr. Milner and Mr.

Quanbury, with Dr. John V. Basmajian of Queen's University's Department of Anatomy, undertook a study of force, pain and electrode size in the electrical stimulation of leg muscles. In one series of experiments, the gastrocnemius muscles of 11 subjects were stimulated and at the maximum tolerable level, lifted the subject onto his toes if he were leaning forward five to 10 degrees. In the most successful cases it was possible to lift the subject off his heels and on to his toes while standing vertically. A tentative conclusion here was that it was reasonable

jambes paralysées . . .

un arrière plan de références Gray codées.

La partie photographique du travail est exécutée en collaboration avec le Dr Tonis Kasvand, également du laboratoire des systèmes de commande. Les articulations ou les points du corps intéressés sont repérés par une bande adhésive noire ou de l'encre noire. Un analyseur à spot mobile injecte directement les données photographiques de chaque image dans le calculateur numérique SDS 920 du CNRC.

Après exploration par la sonde à spot mobile, chaque image du mouvement filmé sera analysée par l'ordina-

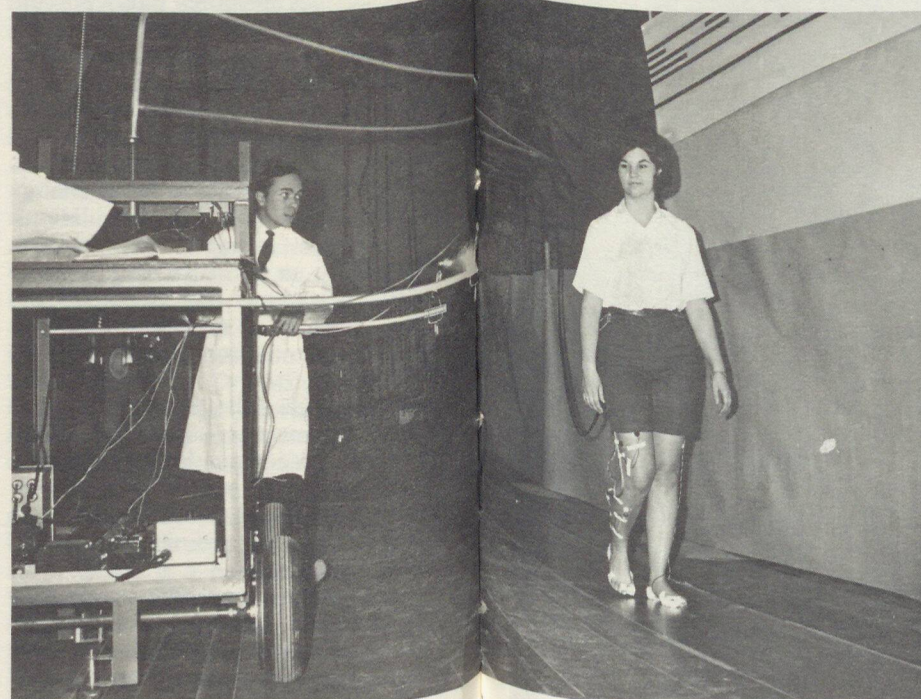
teur que le Dr Kasvand met actuellement au point. Le Dr Milner souligne que, sans ce programme, il faudrait analyser une par une, manuellement, toutes les images du film.

On espère obtenir les coordonnées planaires des différentes articulations et les variations des angles, formés aux articulations par les différentes parties des membres, en fonction du temps, c'est-à-dire les vitesses de rotation des membres et de leurs parties.

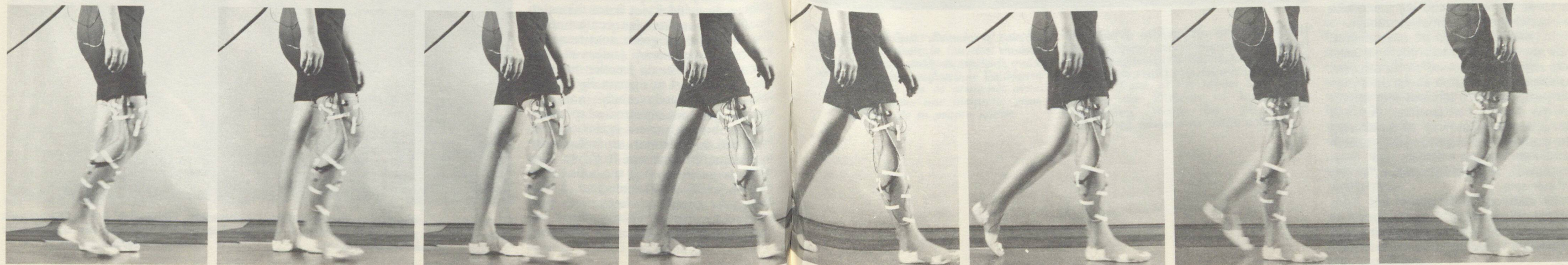
Au cours de travaux antérieurs, le Dr Milner et M. Quanbury ont entrepris en collaboration avec le Dr John V. Basmajian, du Département d'ana-

tomie de l'Université Queen, une étude des forces, de la dimension des électrodes et de la douleur liées à la stimulation électrique des muscles. Dans une série d'expériences, on a donné des impulsions aux jumeaux du mollet de onze sujets jusqu'à ce qu'elles soient intolérables; ces sujets se levaient sur la pointe des pieds lorsque leur corps était incliné de 5 à 10 degrés vers l'avant et même parfois lorsqu'il n'était pas incliné du tout. On en a conclu que l'on pouvait raisonnablement espérer produire, par stimulation électrique superficielle, environ 40%, au maximum, de la force volitive. →

Gait study test in progress shows a wired-up Joan Bryan moving along metallic strip. Matching paces with her is Arthur Quanbury with the locomotion study cart. Camera on cart records her position in relation to a Gray code background (extreme upper right of the photo). Cable linking cart to junction box worn in her belt transmits electrical signals from electrodes on her leg to recording equipment on the cart.



La jambe de Joan Bryan est reliée par de nombreux fils électriques à l'équipement enregistreur sur le chariot. A mesure qu'elle avance sur une bande métallique, Arthur Quanbury fait suivre le chariot et une caméra enregistre la position de Joan en fonction de références Gray (en haut à droite).



locomotion study

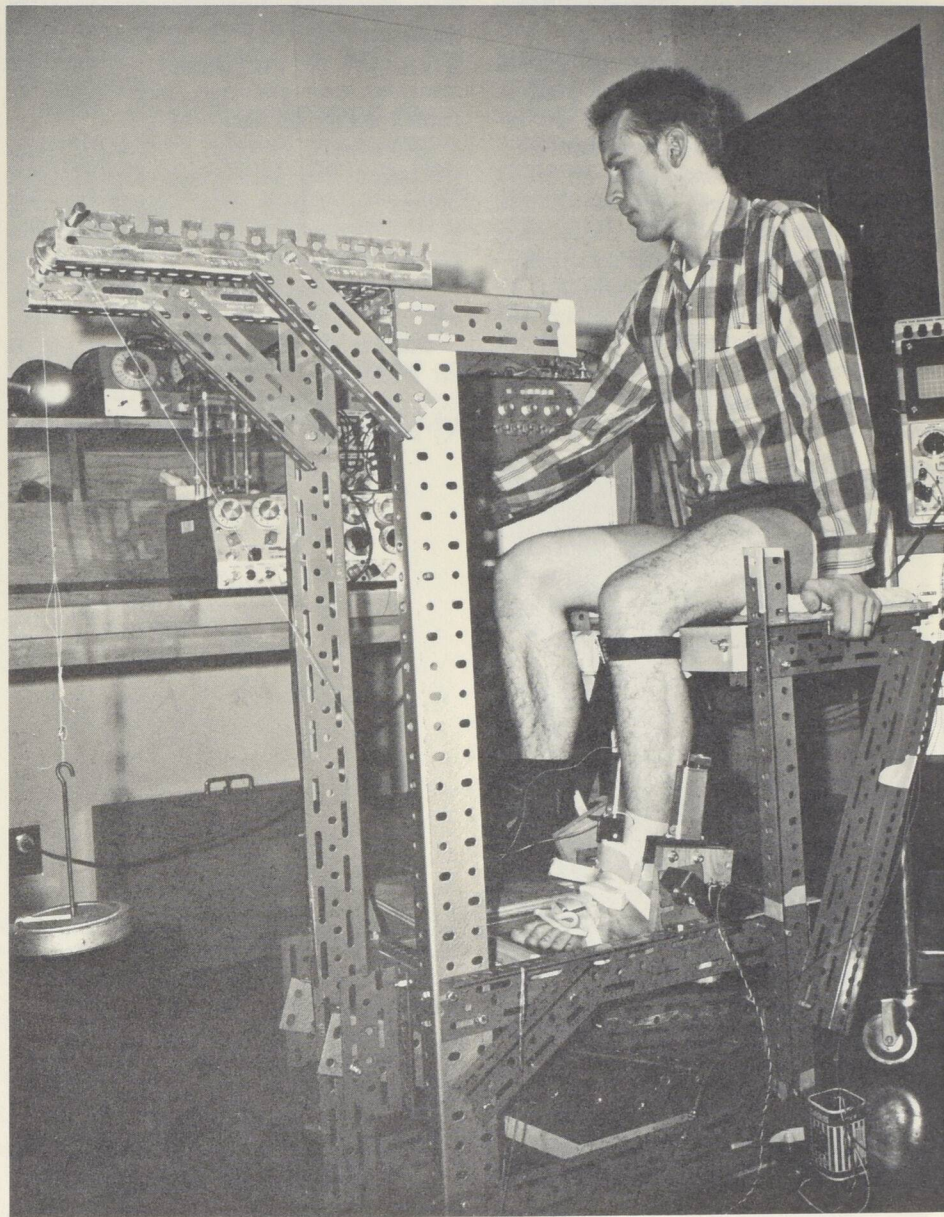
to expect that surface electrical stimulation can maximally and usefully evoke about 40 per cent of the maximum volitional force.

"Initially, our interest was prompted by the fact that, for some reason, little or no attention had been given to the evaluation of the problems and development of devices to enable the locomotion of patients with totally paralyzed lower limbs," Dr. Milner says. "The value of our work — now a year old — will depend on the ability to relate joint trajectories to specific abnormalities and deficiencies as well as to extract pertinent programming data for electro-stimulation of useful muscles. We hope eventually to gain a full understanding of the detailed, complex process of human locomotion."

Currently, Dr. Milner and two undergraduate students from Carleton University are experimenting with a clear plastic shell of a human leg (in this case, Dr. Milner's) in order to explore internal electric fields produced by electrically active surface electrodes. They hope to gain deeper insights into the best surface stimulation arrangements. A complete leg bone structure is to fit inside and the leg filled with a physiologically normal solution.

In another series of experiments, rats are being used to study how muscles might best be used as transducers, to extract information about the forces they exert and the motions they impart to the limbs. "If feasible, this will be a very elegant way of monitoring the position and behavior of the neuromuscular system subject to programmed electro-stimulation," Dr. Milner says.

In addition, Dr. Milner has been collaborating with a research group in Winnipeg which has similar but more immediate clinically oriented interests.



His foot firmly strapped to a plate attached to a rigid frame, postgraduate student Robert Baser investigates bio-engineering properties of his calf muscle.

Le pied fermement fixé à une plaque reposant sur un support rigide, Robert Baser, étudiant de 3ème cycle, étudie les propriétés mécaniques de son mollet.



En présence de Gerry Beaudry (à gauche) et William Ward, de la Division de Mécanique (section maquettes) qui a fabriqué le membre artificiel, le Dr Morris Milner assemble des os artificiels avant de les placer dans une maquette grandeur réelle de sa propre jambe.

Dr. Morris Milner fits artificial bones together prior to their insertion in a plastic full-scale model of his own leg. Looking on are Gerry Beaudry (left) and William Ward, of the Model Shop Section of the Division of Mechanical Engineering, where the "electrolytic tank" leg model was manufactured.

Le Dr Milner nous a confié: "Ce qui, à l'origine, nous a conduit à nous intéresser à cette question, c'est le fait que pour des raisons que nous n'expliquons pas, on a accordé peu ou pas d'attention aux appareils qui pourraient permettre aux paralysées des membres inférieurs de se déplacer. La valeur de nos travaux, entrepris il y a un an, dépendra d'abord de la possibilité d'établir une relation entre, d'une part, les trajectoires des articulations et les vitesses de rotations et, d'autre part, les anomalies constatées dans le mouvement du sujet; puis elle dépendra de nos possibilités d'obtenir des données programmables conduisant à l'électrostimulation des muscles atrophiés. Nous espérons éventuellement parvenir à une totale compréhension du processus complexe de la marche".

Actuellement, le Dr Milner et deux étudiants de l'Université Carleton font des expériences avec une maquette de jambe humaine (celle du Dr Milner) en plastique transparent, de façon à définir les champs électriques internes produits par des électrodes superficielles sous tension. Ils espèrent par cette étude parvenir à un rendement optimum. Un tibia artificiel sera placé à l'intérieur de la jambe que l'on remplira ensuite d'une solution reproduisant de près les conditions physiologiques normales.

Dans une autre série d'expériences, on utilise des rats pour étudier la façon la plus rationnelle d'utiliser des muscles comme transducteurs pour obtenir des données sur les forces qui s'exercent sur les membres et les mouvements qu'elles leur communiquent. Le Dr Milner a ajouté: "Si on y parvient, ce sera un moyen très élégant de contrôler la position et le comportement d'un système neuromusculaire soumis à une stimulation électrique programmée".

Le Dr Milner travaille aussi avec un groupe de recherche de Winnipeg dont les travaux sont comparables mais orientés vers une application clinique plus immédiate. □

New brain and artery surgery made possible by NRC blood cooler

Seven years ago Dr. Eric W. Peterson, an Ottawa neurosurgeon, and the National Research Council of Canada launched a joint research program to develop special equipment for brain and artery surgery.

During some brain and artery operations, blood circulation through the brain must be stopped entirely. This places a severe limitation on surgeons because the brain under normal conditions cannot withstand circulatory arrest for more than a few minutes.

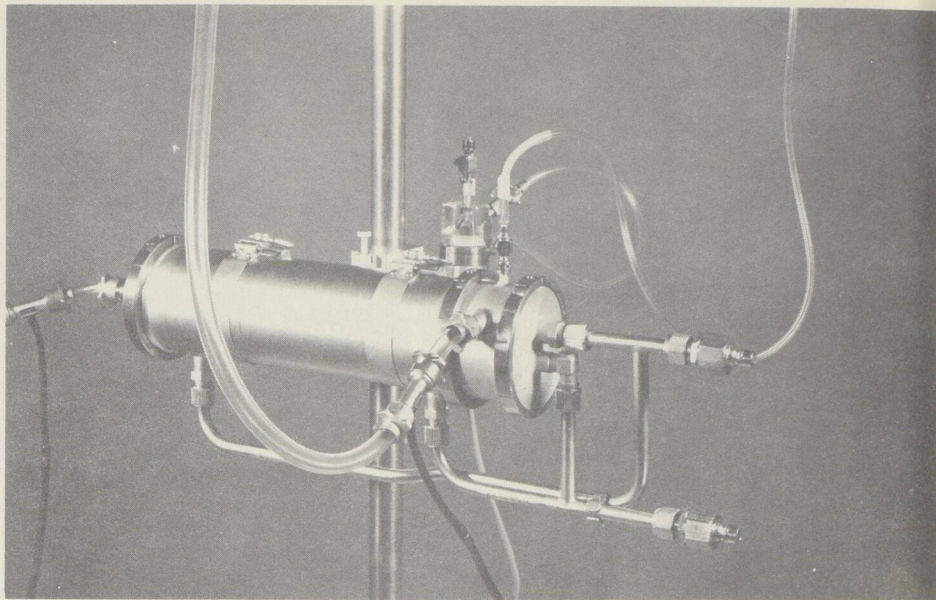
When the body is at normal temperature, the brain consumes large quantities of oxygen. However, this need for oxygen can be reduced considerably by cooling the brain tissues.

The equipment developed by this joint effort consists of a unique and highly efficient heat exchanger and associated cannulae. The heat exchanger permits the human brain to be selectively cooled to near the freezing point, making new brain surgery procedures possible. The cannulae — fittings for connecting external tubing to arteries and veins — form an integral part of the heat exchanger and also can be used alone in operations to repair blocked arteries.

Since the development of the equipment, it has been used successfully in artery surgery in extending the life expectancy of some 45 persons in danger of dying or becoming paralysed, and in two brain operations involving terminal patients.

The development of this equipment exemplifies the close cooperation that exists between NRC's Division of Mechanical Engineering, and a number of members of the medical profession.

Dr. Peterson suggested that selective cooling of the human brain would permit surgical procedures otherwise impossible due to the reduced metabolic requirements of a cold organ. His proposal was that the supply of blood to the brain should be cooled by interrupting the arterial circuits with a heat exchanger, thereby using the heart as a pump to overcome the flow resistance of the heat exchanger. This would thus involve cooling only the head without subjecting the remainder of the body, and in particular the heart, to dangerous low temperatures. A heating device would return the cooled blood to normal tempera-



ture after it had passed through the brain and before it returned to the body.

The primary advantage of the proposed system was the elimination of the need for a mechanical pump, thereby reducing the damage to blood components and the production of microemboli. Since the torso was to remain warm and the brain only was to be cooled to a temperature approaching the freezing point, a high efficiency heat exchanger design was required.

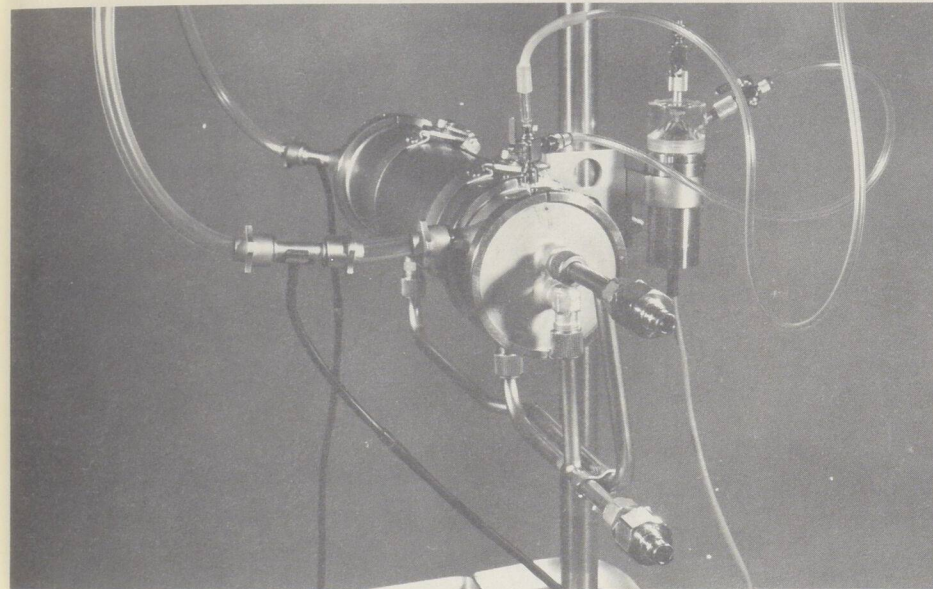
It was essential that the heat exchanger, since it was to be used in the arterial circuit, should have a very low pressure drop so that the blood supply to the brain would not be seriously compromised. Unfortunately, the normal type of high efficiency heat exchanger has a substantial pressure drop across it. Therefore it was necessary to design and develop a special heat exchanger to meet the requirements of the neurosurgeon.

The physiological requirements ruled out the easily workable materials such as copper, brass and aluminum. It was found that stainless steel — a difficult material to work — had to be used for the heat exchanger. However, with stainless steel, a very high degree of finish was possible for those parts in contact with the blood so that a very minimum of damage is done to

Side view of the heat exchanger which is about 12 inches in length.

L'échangeur, d'environ 12 pouces de longueur.

Nouvelle technique chirurgicale grâce à un échangeur de chaleur spécial



Vue de trois quarts de l'échangeur.

End view of the heat exchanger.

Un chirurgien spécialiste du système nerveux, le Dr Eric W. Peterson, d'Ottawa, et le Conseil national de recherches du Canada ont lancé, il y a sept ans, un programme de recherche en commun pour essayer de mettre au point un équipement spécial qui servirait lors d'opérations sur les artères et sur le cerveau.

Dans le cas du cerveau, on savait qu'il est impossible, à une température normale, d'arrêter la circulation sanguine pendant plus de quelques minutes, mais aussi que les énormes besoins du cerveau en oxygène sont très réduits si cet organe est maintenu à très basse température.

On a donc étudié un échangeur de chaleur très efficace permettant de refroidir certaines parties du cerveau jusqu'à une température proche de zéro degré C. Les canules et les conduites dont est équipé cet échangeur et qui le relient aux artères et aux veines, peuvent être démontées pour servir séparément dans le cas d'obstructions artérielles.

Depuis que cet appareil a été mis au point on a pu prolonger l'existence, ou éviter la paralysie, chez quarante-cinq personnes, par une opération artérielle et on a pu sauver deux personnes par des opérations sur le cerveau.

La mise au point de cet appareil est un excellent exemple de la coopération étroite qui existe entre la Division de mécanique du CNRC et

des membres de la profession médicale.

La proposition du Dr Peterson a son origine dans le fait qu'une opération sur le cerveau peut être grandement facilitée si cet organe est maintenu à basse température.

D'autre part, il était souhaitable de pouvoir placer l'échangeur de chaleur entre le coeur et le cerveau de façon que le coeur serve de pompe et que seule la tête du patient soit refroidie. Naturellement, le sang froid provenant du cerveau doit être réchauffé avant d'être renvoyé à l'intérieur du corps. Il était essentiel, en effet, que la température du corps et plus particulièrement celle du coeur, dont on a besoin pour le pompage, ne change pas.

L'élimination d'une pompe mécanique permettait de réduire les risques d'altération des caractéristiques du sang et de formation de caillots. Il découle de ces objectifs qu'il fallait concevoir et construire un échangeur de chaleur de très haut rendement.

La résistance interne de cet appareil devrait être très faible de manière que l'approvisionnement du cerveau en sang frais soit suffisant. Malheureusement tous les échangeurs de chaleur à rendement élevé connus présentent l'inconvénient d'une forte perte de pression c'est-à-dire d'une forte résistance interne à la circulation du fluide. Il a donc fallu réaliser un échangeur spécial.

Les ingénieurs de recherche ont rejeté immédiatement le cuivre, le laiton et l'aluminium et ils ont dû choisir l'acier inoxydable quoiqu'il soit plus difficile à travailler. Toutefois, ce métal permet d'obtenir un état de surface interne très supérieur à celui qu'on aurait pu avoir avec les autres métaux de sorte que les dommages causés au sang, lors du passage dans cet échangeur, ont été réduits au minimum. Comme refroidisseur de l'échangeur, on a choisi l'eau glacée.

Les ingénieurs du Laboratoire des basses températures à la Division de mécanique du CNRC ont accepté d'étudier et de construire l'échangeur de chaleur et ses conduits et le Conseil de la recherche médicale a accordé une subvention pour ces travaux. Après avoir étudié les documents traitant de la conception et de la construction d'échangeurs de chaleur, on est passé, en

blood cooler

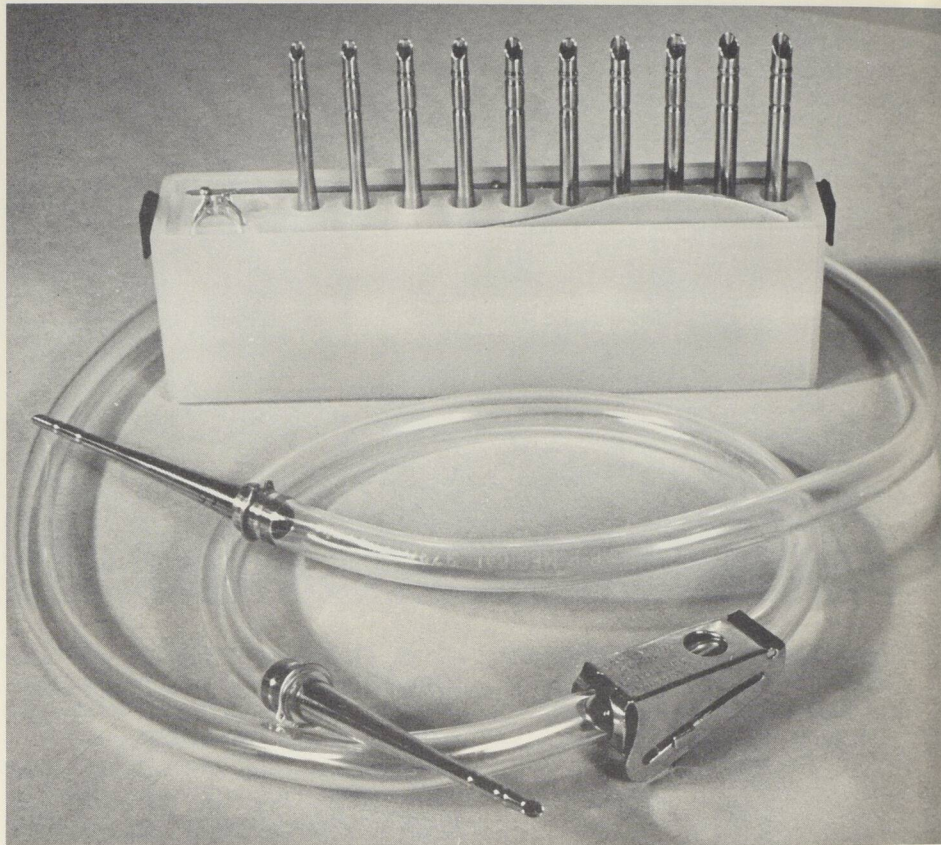
the red blood cells. Ice water was used as the coolant — this possibly being the most simple and reliable coolant available.

The Division of Mechanical Engineering's Low Temperature Laboratory agreed to undertake the design, engineering and manufacturing aspects of the heat exchanger and cannulae and the Medical Research Council gave some financial support to this medical and surgical work. An extensive literature survey was put in hand and a heat exchanger was designed by May, 1963. The prototype heat exchanger was constructed and tested two months later. Calibration tests, with blood and water were carried out in the division's laboratories and the performance was found to be potentially satisfactory.

It was hoped to purchase cannulae (metallic or plastic fittings) to join arteries to plastic flexible tubing for blood connections to the heat exchanger. Commercial types such as those used with heart-lung machines, were examined and found to have high friction losses, poor hydrodynamic design and high turbulence. They were not really suitable for their existing use. Low-turbulence light-weight stainless steel cannulae with mirror finish surfaces were designed and developed.

In August, 1963, the first experimental application of the heat exchanger was made by a combined medical-engineering team on an animal. Over the next five years, this team conducted several hundred procedures in experimental surgery in the course of the evaluation and development program. By August, 1965, the feasibility of the over-all concept had been finally established. It was demonstrated that an animal's brain could be cooled to three degrees centigrade, and the blood flow to the brain could be stopped completely for an hour. The animal subsequently recovered without neurological deficit.

In early 1966, the opportunity arose to apply the equipment in clinical use on patients classified as terminal. One of the patients was suffering from a malignant brain tumour in an extremely difficult location. As a result of this tumour, his I.Q. had deteriorated to less than 80. A combined surgical-medical-nursing-engineering-tech-



Various sized cannulae are used in the new surgical method for repair of the carotid artery. An inlet cannula is connected to an artery in the leg, while an outlet cannula is connected to the internal carotid artery, making it possible to divert blood from the leg artery to the brain.

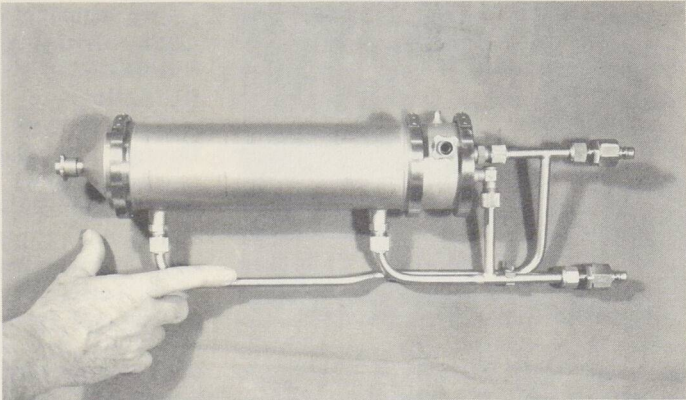
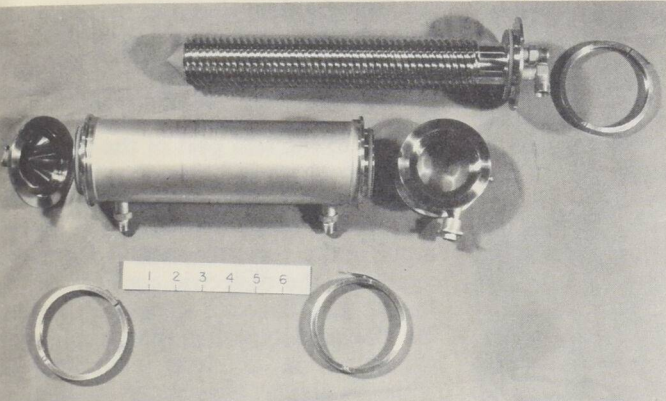
Dans le cas d'une opération sur la carotide, on dispose de canules de différentes dimensions. La canule d'entrée est introduite dans une artère de la jambe et celle de sortie dans la carotide en aval de la partie opérée.

nician team of 20 people was involved in a surgical procedure extending over 14 hours. This terminal patient is alive at the present time. His I.Q. had returned to normal within a month of the operation.

As a result of the development of the low loss, highly polished cannulae for the heat exchanger and a surgical procedure developed during the experimental work, a new surgical method of dealing with certain so-called "stroke" cases also has evolved. Partial blockage of one of the arteries leading to the brain can result in a "stroke". Various surgical procedures have been developed to deal with these arterial blockages. Most of those previously employed involved the cutting off of the brain blood supply for

hazardous periods. Two Ottawa surgeons have employed a shunt technique using the cannulae developed by the Division of Mechanical Engineering to reduce the hazard immensely. This involves diverting blood from a leg artery to the brain while one of the carotid arteries (which supply the brain) is cleared of its blockage. Normal flow is then restored to the brain without a delay hazard. The results from this operation have been consistently so satisfactory that surgeons in Toronto and Montreal have asked for equipment to take up this procedure. "Generally the results have been excellent", Dr. Peterson says. "We feel this is a superior technique in which it is mandatory that a shunt be employed." □

échangeur de chaleur . . .



L'échangeur, démonté en haut, remonté à droite.

Components of heat exchanger (top); assembled unit (right).

1963, au stade d'avant-projet; deux mois plus tard, le prototype était construit et on l'essayait. Des essais d'éta-lonnage avec du sang et de l'eau ont conduit à penser que les performances de l'appareil seraient celles qui avaient été calculées.

On avait d'abord envisagé de se servir de conduites et de canules, en plastique ou en métal, comme celles que l'on trouve notamment sur les appareils servant lors d'opérations sur le coeur ou les poumons. On s'est alors aperçu que l'écoulement dans ces conduites était très turbulent et que la perte de pression était très élevée, ce qui ris-

quait de fatiguer le coeur. Il fallait donc étudier de plus légères conduites et leur donner une surface interne réfléchissante comme celle d'un miroir pour avoir un écoulement à très faible turbulence.

En août 1963, on a fait la première expérience sur un animal en présence de médecins. Au cours des cinq années suivantes, ces expériences se sont multipliées et l'on en a fait plusieurs centaines. En août 1965, on était très optimiste car on avait démontré que le cerveau d'un animal peut être refroidi jusqu'à 3°C et que l'écoulement sanguin peut être arrêté complètement pendant une heure sans que l'animal en souffre du point de vue neurologique.

Au début de 1966, on a eu l'occasion d'utiliser cet équipement sur des humains pour lesquels la science médicale ne pouvait réellement plus rien. L'un de ces malades souffrait d'une tumeur maligne au cerveau placée dans un lieu extrêmement difficile à atteindre. Du fait de cette tumeur le quotient intellectuel de cette personne était tombé à moins de 80. Une équipe de 20 personnes comprenant médecins, chirurgiens, infirmières, ingénieurs et techniciens, s'est lancée dans une opération chirurgicale de 14 heures. Le malade vit toujours et son quotient intellectuel est redevenu normal dans le mois qui a suivi l'opération.

Du fait des faibles pertes des nouvelles conduites et des canules et de l'expérience acquise en cours de mise au point de l'appareil, une nouvelle méthode chirurgicale de lutte contre les attaques cardiaques peut être employée: grâce à deux chirurgiens d'Ottawa, on ne coupe plus la circulation sanguine vers le cerveau pour de longues et dangereuses durées, mais on alimente le cerveau à partir d'une artère de la jambe ce qui permet d'évacuer les caillots dans la carotide vide puis de la remettre en service. Les résultats de ce type d'opération ont été si satisfaisants que des chirurgiens de Montréal et de Toronto veulent utiliser cet équipement et cette méthode.

Et le Dr Peterson d'ajouter: "En général, les résultats sont excellents et nous pensons que cette technique est supérieure car elle ne fait appel qu'à une dérivation". □

NRC develops microwave instrument to measure Moisture content of butter

A query from an Ontario creamery to the Technical Information Services of the National Research Council of Canada has led to the development of a microwave technique for accurately measuring the water content of butter produced on a continuous basis.

The Kemptville Creamery of Kemptville, Ont., manufactures butter both by batch lots and with continuous butter-making machinery. In the production of butter from cream, water is added during the churning process to produce the right consistency. There is, however, a legal limit to the maximum water content of butter — it cannot exceed 16 per cent by weight.

In the conventional process where butter is produced in batch lots in a churn, control of moisture is not difficult. In the final stages of the processing, samples are heated and the evaporated water is weighed to determine the water content of the batch.

The continuous butter-making machinery presents a different problem. Because there is no known means of automatically measuring water content, operators are faced with the difficulty of how often to take samples and how frequently to adjust the machine.

Often they find when a sample shows too high a water content, that several hundred pounds of butter already weighed and wrapped has to be reprocessed. This places a serious economic limit on the effectiveness of the continuous butter-making machinery.

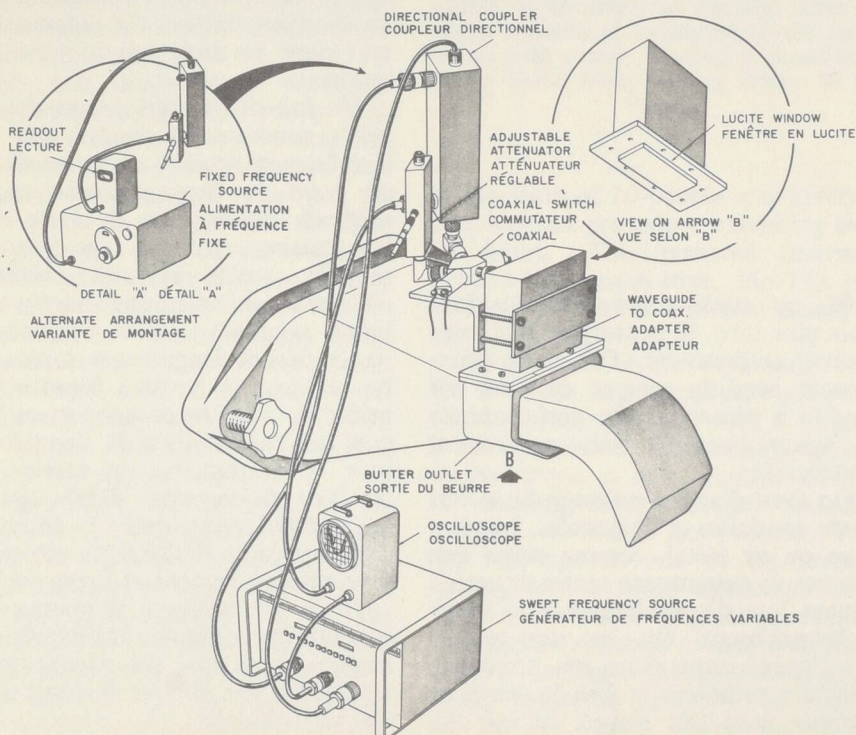
The creamery placed the problem before NRC's Technical Information Service which referred it to NRC's Radio and Electrical Engineering Division. A number of plant visits were made and tests undertaken which indicated a solution might be found employing microwave energy.

In a microwave system a microwave generator transmits microwaves through a waveguide into a chamber which is designed to produce an intense electrical field. The continuous butter-making machine extrudes butter through an aluminum nozzle which proved to be the right dimensions to serve as a waveguide. Microwaves are fed into this waveguide through a T-junction to avoid obstructing the nozzle. The butter-filled outlet becomes the microwave chamber with the relatively high microwave absorption of both butter and water preventing

the introduction of errors by reflection from sources outside the chamber. A directional coupler is used to measure differences in energy inflow and outflow.

Due to the real part of the dielectric constant of water being about 80 compared to 2.5 for waterless butter, it was found that, with a constant energy input if the water content is increased so also is the dielectric constant of the butter and the rate of energy return. On the prototype instrument, this was displayed on a meter calibrated in water content. Under test conditions at the creamery the instrument was shown capable of allowing error no greater than two parts in 10,000 in the measurement of the water content in the butter.

The process has been patented through Canadian Patents and Development Limited, a subsidiary of NRC with responsibility for licencing and commercial exploitation of the inventions of government scientists. It is one of a series of microwave moisture drying and measuring systems developed by the Radio and Electrical Engineering Division in the last few years. □



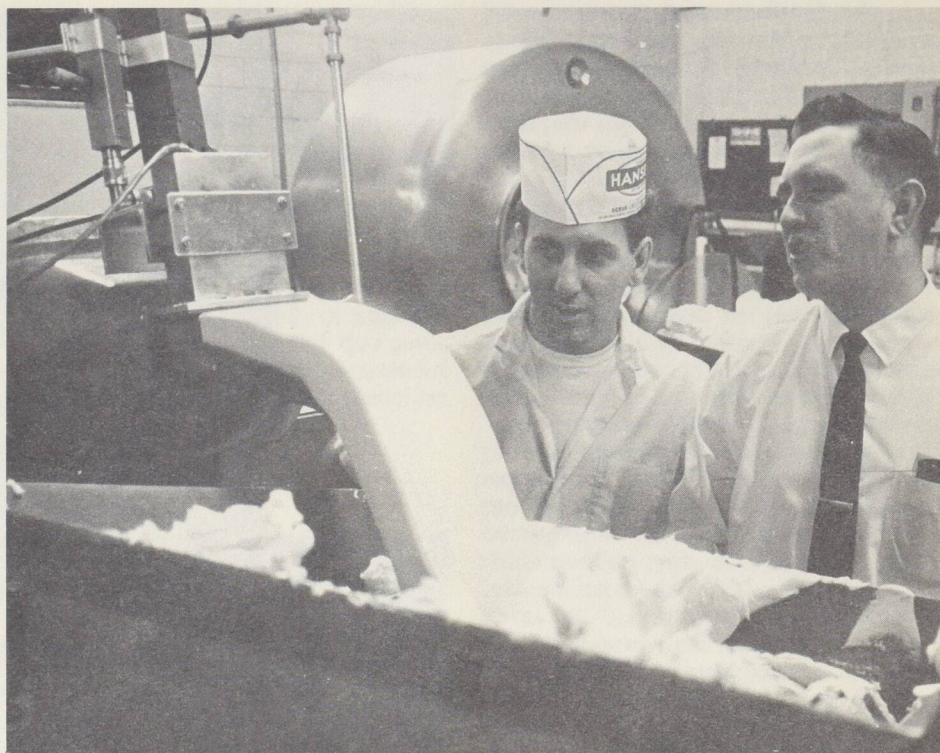
Schematic of NRC's microwave instrument for measuring the moisture content of butter produced by a continuous butter-making machine.

Schéma de l'appareil à hyperfréquences mesurant la teneur en eau du beurre sortant d'une machine à production continue.

Déshydratation contrôlée du beurre par les hyperfréquences

*L'appareil du CNRC en fonctionnement
dans la crémèrie.*

Moisture measuring equipment in
operation.



A la suite d'une demande formulée par une crémèrie ontarienne auprès des Services de renseignements techniques du Conseil national de recherches du Canada, un dispositif de mesure précise de la teneur en eau du beurre résultant d'une fabrication continue a été mis au point en utilisant les hyperfréquences.

La crémèrie de Kemptville à Kemptville, en Ontario, fabrique le beurre soit par quantités limitées, soit à l'aide de machines à production continue. On ajoute de l'eau à la crème pendant le barattage pour que le beurre ne soit pas trop dur mais la loi interdit que la proportion d'eau soit supérieure à 16%.

Il n'est pas difficile de régler ce pourcentage lorsque l'on fabrique une quantité limitée de beurre par le procédé traditionnel de la baratte. Il suffit, en effet, lorsque la fabrication touche à sa fin, de prélever des échantillons que l'on chauffe et le poids de l'eau évaporée donne la teneur.

La machine de production continue ne donnant pas la teneur à tout instant, des centaines de livres de beurre devaient être parfois séchées après avoir déjà été pesées et emballées; la question se posait donc de savoir à quelle fréquence il fallait faire des pré-

lèvements et régler la machine.

Ces difficultés ont sérieusement limité le rendement de cette machine de production continue de beurre.

La crémèrie a donc posé le problème aux Services de renseignements techniques du Conseil national de recherches du Canada qui a demandé à la Division de radio et d'électrotechnique de le résoudre. Les ingénieurs de recherche de cette division, après plusieurs visites à l'usine, ont été amenés à utiliser les hyperfréquences.

Un système à hyperfréquences comprend un générateur envoyant les ondes, à l'aide d'un guide-ondes, dans une chambre conçue pour fournir un champ électrique intense. Dans le cas de la machine de fabrication continue, le beurre en sort par une conduite en aluminium ayant des dimensions appropriées pour être utilisée en guide-ondes. Les micro-ondes y sont envoyées par une liaison en T afin de ne pas boucher la conduite. La sortie remplie de beurre devient la chambre à micro-ondes où l'absorption d'énergie, relativement élevée, par le beurre et par l'eau, empêche l'introduction d'erreurs dues à des réflexions provenant d'objets en dehors de la chambre. On se sert d'un coupleur direc-

tionnel pour mesurer les différences entre les énergies d'entrée et de sortie.

Les constantes diélectriques de l'eau et du beurre étant d'environ 80 et 2.5 respectivement, on a trouvé que si le contenu en eau est augmenté alors que l'énergie d'entrée reste constante, la constante diélectrique du beurre est également augmentée ainsi que le débit énergétique de retour. Sur la machine modifiée par le dispositif à hyperfréquences, on pouvait lire directement le pourcentage d'eau. Au cours d'essais à la crémèrie on a trouvé que cet instrument avait une précision supérieure à 2/10 000.

Ce procédé de traitement du beurre a été breveté par l'intermédiaire de la Société canadienne des brevets et d'exploitation limitée, filiale du Conseil national de recherches du Canada, ayant la responsabilité d'accorder des licences en vue d'une exploitation commerciale des inventions faites par les chercheurs du gouvernement. Cet appareil est l'un de ceux qui ont été mis au point par la Division de radio et d'électrotechnique au cours des dernières années pour mesurer des teneurs en eau et pour le séchage à l'aide des hyperfréquences.

□

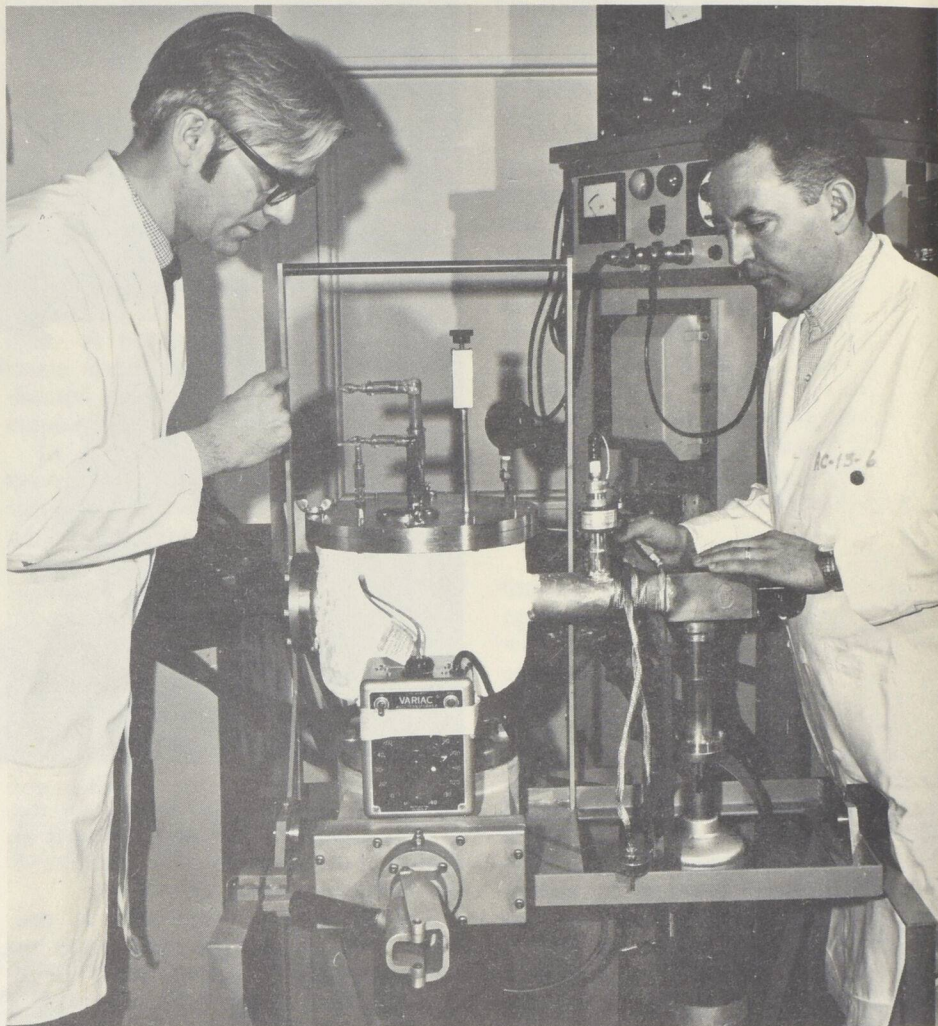
Seek understanding of movement of Electrons in metal

In the distribution of electric power over long distances, there are many applications for a conductor which has both a high electrical conductivity and a high strength. These two requirements are in fact contradictory: a metal has its highest conductivity in the purest state, which is inherently weak, while its strength can be improved by alloying, but always at the cost of a reduction in conductivity. Any appreciable increase in strength thus obtained is usually offset by a very serious decrease in conductivity, although there are some singular combinations of metals which produce a useful compromise. For example, when about 0.8 per cent cadmium is alloyed with copper, the conductivity is reduced by about one-tenth while the strength is much increased in the cold-worked condition. This alloy has been widely used in power distribution.

Metallurgy is still an overwhelmingly empirical science, and a solution to a problem such as the above is found essentially by trial and error from among the innumerable combinations of metals and of heat and mechanical treatments. The questions of *why* a given set of circumstances produces an alloy with given electrical and mechanical properties, and of *how* this can be understood fundamentally, are left relatively untouched.

The key to these questions, and to others of modern metallurgy, lies in the understanding of the microscopic details of electronic motion in metals. Although the theory of solids is a supposedly well-understood scientific discipline, there are many apparently simple aspects of electronic motion in metals, and of the mixing of metals to form alloys, which are far from being understood from a fundamental point of view. These two problems are closely related since the electrons in a metal which are relatively free and which give it its characteristic electronic properties are also those which are concerned very prominently in the formation of the bonding in the solid and therefore in the alloying process. Any improvement in the understanding of one problem will reflect directly upon the other.

At the National Research Council of Canada scientists in the Metallurgical Chemistry Section of the Division



Dr. C. M. Hurd (left) and G. F. Turner discuss the preparation of a specialized alloy for the Hall effect program.

Le Dr C. M. Hurd (à gauche) et G. F. Turner préparent un alliage spécial pour l'étude de l'effet Hall.

of Chemistry are looking at electronic motion from a fundamental point of view. Drs. C. M. Hurd and J. E. A. Alderson are studying an effect named after its discoverer, E. H. Hall, who in 1879 carried out an investigation of the nature of a force on a conductor carrying a current in a magnetic field. He found that when a magnetic field is applied at right angles to the direction of current flow, an electric voltage will appear across the sample in a direction perpendicular to both the direction of the current and of the magnetic field.

This effect is not difficult to understand. Moving under the influence of the applied electric and magnetic fields, the free electrons in the solid are subject to a force (the Lorentz force) which deflects them toward the edge of the sample. Since they repel each other, they cannot all be deflected to the extremities, but in equilibrium they distribute themselves non-uniformly across the sample and thereby give rise to the observed voltage. In high-conductivity metals this can be a very small effect indeed. For example, in

Que sait-on du mouvement des électrons dans les métaux?

Pour le transport du courant électrique sur de longues distances, l'idéal serait de disposer d'un conducteur doté à la fois d'une conductivité élevée et d'une grande résistance. Malheureusement, plus un métal est pur, plus sa conductivité est élevée, mais plus faible est sa résistance. Cette résistance peut être améliorée par alliage, mais toujours au dépend de la conductivité. Une importante augmentation de la résistance obtenue de cette manière est ordinairement contrebalancée par une très sérieuse diminution de la conductivité bien qu'il existe certaines

combinaisons de métaux qui permettent d'arriver à un heureux compromis. Ainsi, un alliage de cuivre à 0.8% de cadmium a une conductivité réduite d'environ un dixième par rapport au cuivre mais sa résistance a considérablement augmenté après écrouissage. Ce type d'alliage est largement utilisé dans les réseaux de distribution électrique.

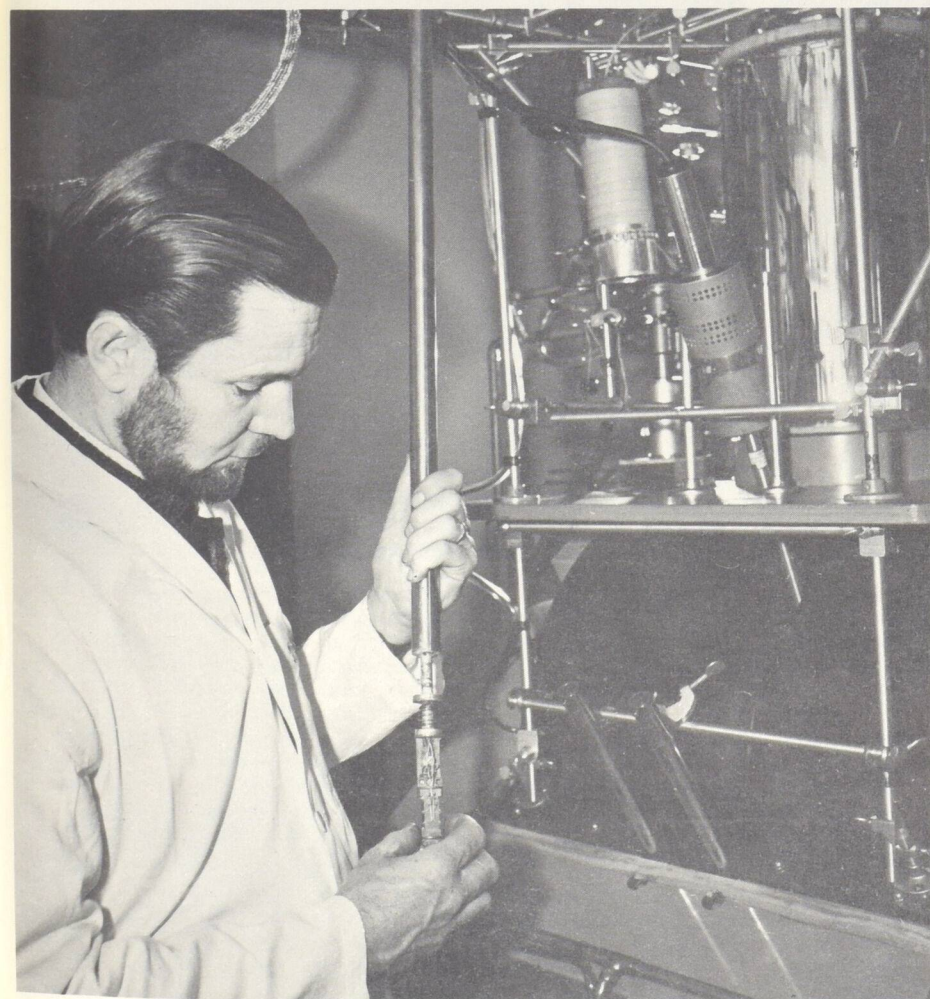
La métallurgie est encore une science très empirique et la solution d'un problème tel que celui que nous venons d'évoquer n'est généralement trouvée que par tâtonnements parmi les

innombrables combinaisons de métaux et de traitements mécaniques et thermiques. Mais deux questions restent encore pratiquement sans réponse: *pourquoi* obtient-on dans des circonstances précises un alliage doté de propriétés électriques et mécaniques données et *quels* sont les mécanismes déterminant ces propriétés?

La clé de ce problème et de bien d'autres touchant la métallurgie moderne réside dans la compréhension des phénomènes microscopiques du mouvement des électrons dans les métaux. Bien que l'on croit connaître la mécanique de l'état solide, maints aspects apparemment simples du mouvement des électrons dans les métaux et du processus de solution solide nous échappent encore. Ces deux problèmes sont étroitement liés puisque les électrons d'un métal, étant relativement libres et lui donnant ses propriétés électroniques caractéristiques, sont également ceux qui jouent un rôle fondamental dans la cohésion interne du solide et, par conséquent, dans le processus d'alliage.

Au Conseil national de recherches du Canada, la Section de chimie métallurgique de la Division de chimie cherche à déterminer le mouvement des électrons dans les métaux. Le Dr C. M. Hurd et le Dr J. E. A. Alderson étudient un phénomène portant le nom de son inventeur, E. H. Hall, qui l'a découvert en 1879 en cherchant la cause de la force de Laplace, force qui met en mouvement un conducteur traversé par un courant et soumis à un champ magnétique perpendiculaire au courant. Hall a constaté qu'il se crée une différence de potentiel entre les faces opposées de l'échantillon, parallèles au plan contenant les représentations du champ magnétique et du courant.

On peut se représenter cet effet de la manière suivante: sous l'influence des champs électrique et magnétique, les électrons libres d'un solide sont soumis à la force de Lorentz qui les rejette vers l'une des faces de l'échantillon. Étant donné qu'ils se repoussent mutuellement tous ne peuvent être rejetés mais leur répartition n'étant plus uniforme une différence de potentiel, ou tension, apparaît. Dans les métaux à haute conductivité, ce phénomène est



Le Dr J. E. A. Alderson règle un appareil servant à mesurer l'effet Hall dans des mono-cristaux extrêmement purs de différents métaux.

Dr. J. E. A. Alderson adjusts an apparatus used for the measurement of the Hall effect in high-purity single crystals of metals.

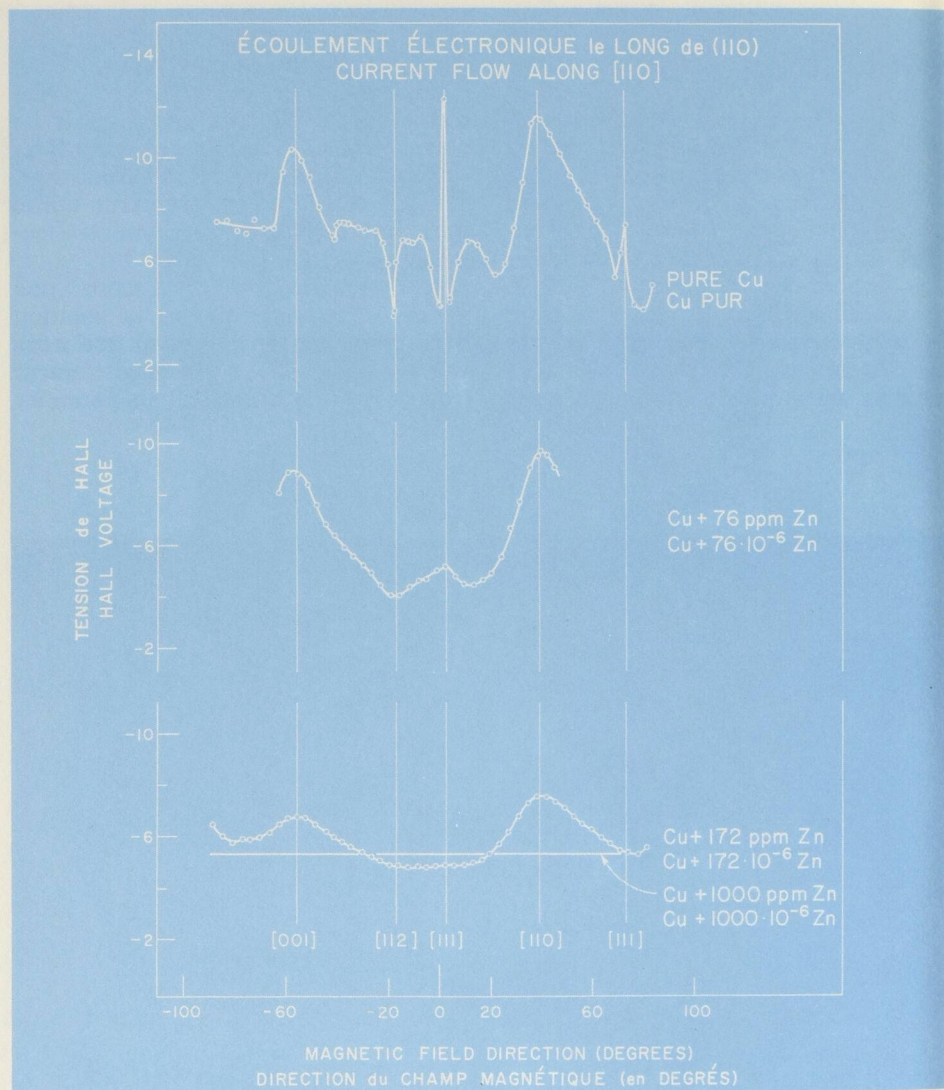
electrons in metals

a sample of copper under optimum conditions obtainable in the laboratory, the Hall voltage will only be about two millionths of a volt. Using modern instrumentation, Dr. Hurd and Dr. Alderson can measure voltage changes as small as one thousandth of a millionth of a volt (10^{-9} V).

The Hall effect is particularly informative since it reflects directly the effective charge carried by the electrons in the solid. Although on a microscopic scale each electron carries a unit negative charge, in some metals of technological importance (such as copper, silver or gold) the moving electrons are diffracted in a singular manner by the regular arrangement of atoms in the solid. As a result of this diffraction they can appear, when moving in certain directions, to carry an effective positive charge, and in this condition they tend to travel in the spaces between the atoms in the solid. However, a more "normal" electron, moving with its effective negative charge, tends to travel by jumping from atom to atom and by avoiding the spaces between. These effects show up directly in Hall effect experiments, and can be understood from quantum mechanical symmetry considerations.

The Hall effect is very sensitive to the scattering of the moving electrons by a foreign, alloyed element. For example, if from every million atoms in a pure sample of gold, as few as four chosen at random are replaced by atoms of iron, the change in the Hall voltage is easily detectable. Such sensitivity to minute traces of impurity demands the purest possible starting materials (which are normally at least 99.9999% pure) together with highly developed techniques of chemical analysis. This work has been coupled directly to the development of new carrier-distillation methods of spectrographic analysis by the Analysis Section of the Council's Division of Chemistry.

From experiments where the Hall voltage along a known crystalline direction in a single crystal sample is studied as the temperature, the magnetic field strength, or the concentration or the nature of the foreign atoms is allowed to vary, information can be gained about the microscopic movement of the free electrons and about the electronic structure of the foreign atom. Dr. Alderson recently has com-



The direction of the applied magnetic field can be used to probe the electronic motion in specific directions in crystalline metals. The addition of a few parts per million of a foreign atom affects the motion in different directions unequally, partly due to the break-up of the regular, periodic lattice potential by the foreign atom, and partly due to its characteristic scattering effect.

pleted such a study in an alloy system of the brass family (copper with minute traces of its neighbouring element zinc added as a foreign atom), and the work is now progressing to more complicated systems where the electronic structure of the foreign atom is such that it carries a permanent magnetic moment in the alloy.

As Dr. Hurd points out: "It is es-

On peut se servir du champ magnétique pour déceler le mouvement des électrons dans les métaux. Ce mouvement est affecté par les atomes étrangers si rares soient-ils. Cette perturbation du mouvement est due au changement du potentiel du réseau périodique régulier, causé par l'atome étranger, et à un effet de dispersion caractéristique.

essential to make a multi-disciplinary approach to this kind of project. It needs an x-ray crystallographer to help prepare the large metal single crystals. It needs a metallurgist to prepare the specialized alloys, an analytical chemist to define their composition, and a physicist to measure the small voltages and to handle the cryogenic problems".

les électrons . . .

parfois infime et c'est ainsi que dans les meilleures conditions qui puissent être réalisées en laboratoire, la tension de Hall d'un échantillon de cuivre ne serait que de 2 milliardièmes de volt environ. En se servant d'instruments précis, les Drs Hurd et Alderson parviennent à mesurer des variations de tension ne dépassant pas un milliardième de volt (10^{-9} V).

L'effet Hall reflète directement la charge réelle amenée dans le solide

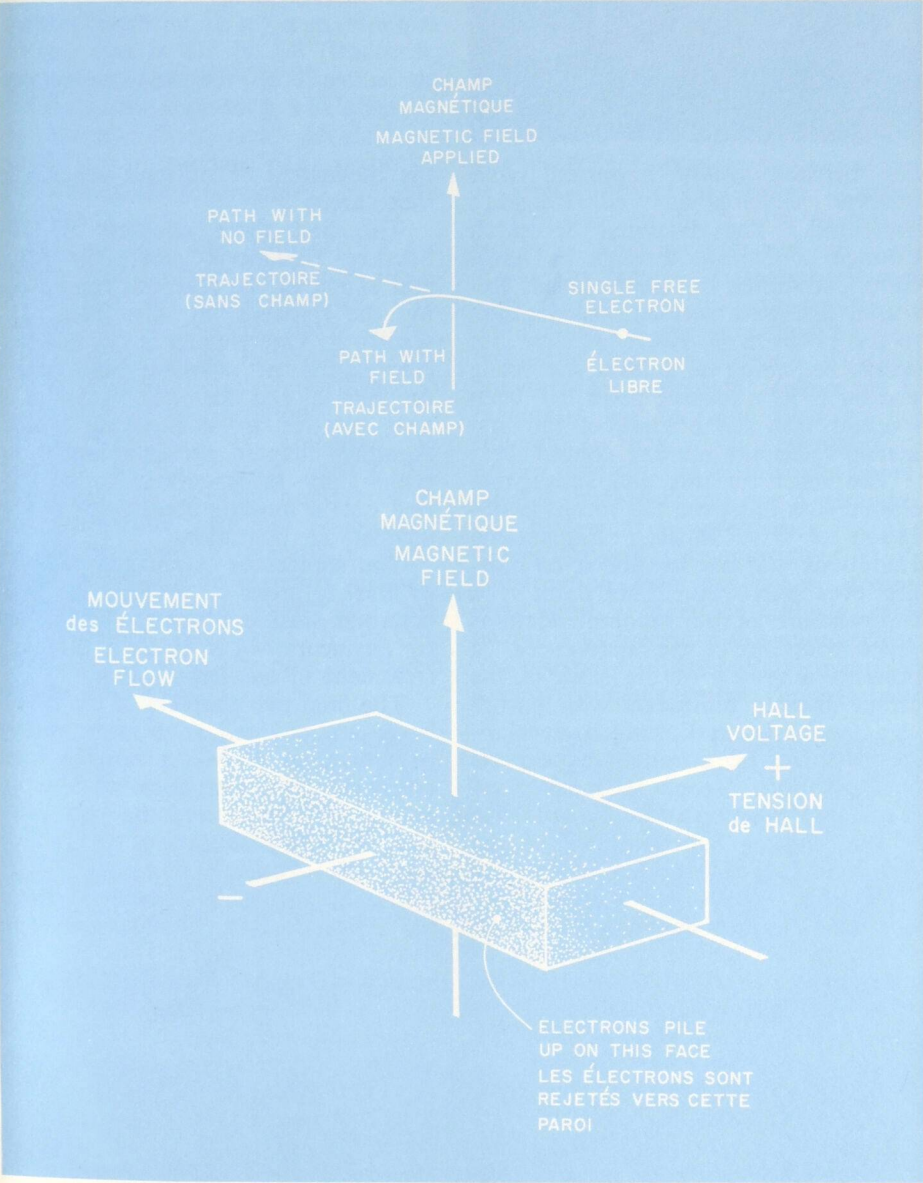
par les électrons. Bien que se soit à l'échelle microscopique, chaque électron transporte une charge unitaire négative. Dans certains métaux qui revêtent une importance technologique (tels que le cuivre, l'argent ou l'or), les électrons sont diffractés d'une façon particulière par la disposition régulière des atomes dans le solide. Il résulte de cette diffraction qu'ils peuvent sembler porter une charge positive réelle lorsqu'ils se déplacent dans certaines

directions et, dans ces conditions, tendent à parcourir les espaces entre les atomes, tandis qu'un électron plus "normal", se déplaçant avec sa charge réelle négative, tend à sauter d'un atome à l'autre. Ces effets apparaissent directement dans les expériences sur l'effet Hall et sont expliqués par les conditions de symétrie en mécanique quantique.

L'effet Hall est très sensible à la dispersion des électrons provoquée par les atomes étrangers. Ainsi, si l'on remplace, dans un million d'atomes d'or, quatre d'entre eux seulement par quatre atomes de fer, la variation de la tension de Hall sera facilement décelable. Une telle sensibilité à des traces infimes d'impuretés exige, au départ, des matériaux aussi purs que possible (soit au moins à 99,9999%) et des méthodes d'analyse chimique hautement élaborées. Ces travaux ont été directement associés au développement de méthodes d'analyse spectrale donnant la teneur en impuretés de métaux raffinés par le nouveau procédé de distillation à l'aide d'un agent d'entraînement de vapeurs, mis au point par la Section d'analyse de la Division de chimie.

A partir d'expériences dans lesquelles on étudie la tension de Hall le long d'une direction cristalline connue d'un monocristal, alors que la température, le champ magnétique, la concentration, ou la nature des atomes étrangers peuvent varier, on peut obtenir des indications sur les mouvements microscopiques des électrons libres et sur la structure électronique de l'atome étranger. C'est ce que vient d'étudier le Dr Alderson sur un alliage de cuivre contenant des traces infinitésimales de son élément proche, le zinc, ajouté comme atome étranger. Les travaux s'orientent actuellement vers des systèmes plus complexes dans lesquels la structure électronique de l'atome étranger est telle qu'elle apporte un moment magnétique permanent dans l'alliage.

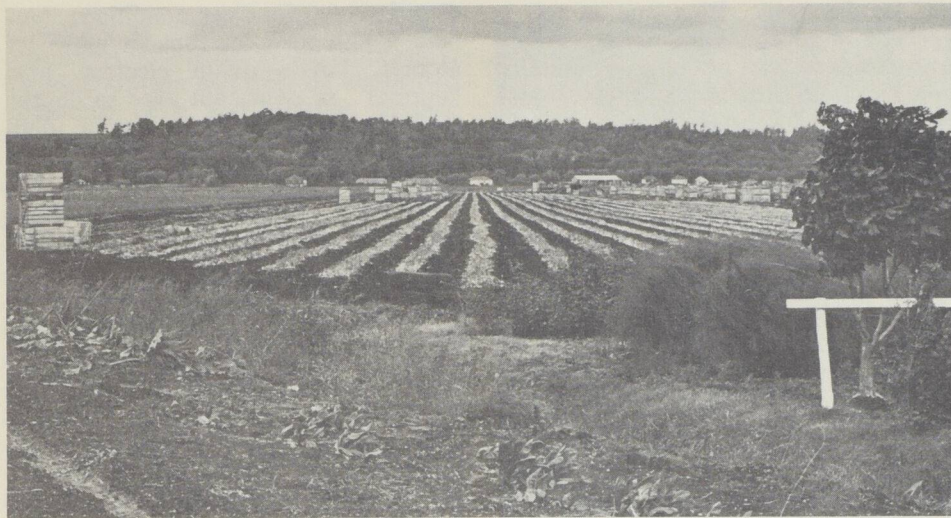
Comme le fait remarquer le Dr Hurd: "Il est essentiel pour réussir de faire coopérer des spécialistes de la cristallographie à rayons-X pour préparer les gros monocristaux métalliques, de la métallurgie pour les alliages spéciaux, de la chimie pour les analyses et de la physique pour mesurer les faibles tensions et résoudre les problèmes de cryogénie. □



L'effet Hall
Il y a effet Hall lorsque les électrons en mouvement dans le solide sont rejetés vers les parois de l'échantillon placé dans un champ magnétique.

The Hall Effect
In the Hall Effect the electrons moving in the solid are deflected to the faces of the sample when it is in a magnetic field.

Important guide for engineers working in *Muskeg areas*



Centuries ago the Chippewa Indians called it "maskeg". Today it is known as "muskeg". By either name there's at least 500,000 square miles of this sponge-like terrain within Canada's boundaries — enough to cover Prince Edward Island 250 times over. It exists to a greater or lesser degree in every province and the Northwest Territories.

Despite the vastness of this problem-posing terrain, it received relatively little scientific study until recent years. In fact, it was only 25 years ago that Canada's pioneer in this field, Dr. N. W. Radforth, Director of the Muskeg Research Institute of the University of New Brunswick, undertook a survey to obtain a consensus of understanding on the accepted meaning of the word muskeg itself.

Muskeg became the term designating organic terrain, the physical condition of which is governed by the structure of the peat it contains, and its related mineral sub-layer, considered in relation to topographic features and the surface vegetation with which the peat co-exists.

On organic terrain, the living vegetation cover is composed of mosses, sometimes lichens, sedges and/or grasses, with or without trees and shrub growth. Underneath this cover there is a mixture of fragmented organic material derived from past vegetation, now chemically changed and fossilized. This material is commonly known as peat or "muck" and is generally high in water content.

The need to know how to work on and provide transportation across mus-

keg became vitally important with postwar development of Canada's northland. The National Research Council of Canada through its Associate Committee on Geotechnical Research first gave serious consideration to the problem in 1947. A slow but steady beginning on studies was made and by 1955 a turning point had been reached with the holding of the first annual Canadian muskeg conference.

The result of this and subsequent conferences has been the recent publication of *The Muskeg Engineering Handbook*, the first handbook on muskeg ever published. This book is a compendium of the recommendations and conclusions of the conferences. It presents a review of the state of the art of muskeg utilization with particular emphasis on Canadian development. It has been written by experts in the various aspects of muskeg research and practice under the guidance of the Muskeg Subcommittee of the Associate Committee on Geotechnical Research.

The Muskeg Subcommittee is one of several groups devoted to the task of interpreting Canada's terrain. It is an interdisciplinary organization composed of engineers and scientists under the chairmanship of Dr. Radforth.

The Handbook will be an important new guide to assist engineers to overcome problems associated with various types of construction in the undeveloped muskeg areas of Canada, especially in the north. It will play a key role in future construction of railways, highways, airstrips and buildings and other structures on muskeg, and with

Mining, reclamation, conservation of water, forestry and farming are examples of operations that present problems in muskeg areas.

L'exploitation minière, forestière et agricole, la conservation des eaux et le drainage sont difficiles en zones marécageuses.

the movement of off-road vehicles in these areas.

The first three chapters of *The Muskeg Handbook* reflect the range and extent of the research carried out by the pioneer in this field, Dr. Radforth. One chapter is devoted to a compilation of available information on physical and chemical properties of peat relative to engineering design. Another chapter presents advice on preliminary investigations to be carried out in muskeg areas prior to any engineering operations.

The subject of roads and railways in muskeg areas — perhaps the most common muskeg problem encountered by engineers — is given a thorough treatment in another chapter.

The final two chapters of the Handbook are devoted to a wide variety of individual problems ranging from corrosion to construction of airstrips in organic terrain and the very common problem in muskeg of trafficability and vehicle mobility.

Edited by NRC's Division of Building Research, the Handbook is published by and available from the University of Toronto Press, Toronto. Although it is concerned mainly with Canada, it will be useful in countries where extensive areas of muskeg pose the same problems for engineers.

The *Muskeg Engineering Handbook*, edited by Ivan C. MacFarlane, has been included in the Canadian Building Series. This in time is expected to form a collection of text books on the science and technology of building. Earlier books in this series are *Canada Builds* and *Performance of Concrete*. □

Manuel de l'ingénieur travaillant dans des régions marécageuses

Ce que jadis les Indiens Chippewa appelaient "maskag" est connu aujourd'hui au Canada sous le nom de "muskeg" qui désigne un sol spongieux recouvrant une superficie d'au moins 500 000 milles carrés, soit deux cent cinquante fois celle de l'Île du Prince Édouard. Il y a du "muskeg" dans chaque province et dans les Territoires du Nord-Ouest.

Malgré l'étendue de ce type de terrain et des problèmes qu'il pose, la science n'y avait accordé, jusqu'à ces dernières années, qu'un intérêt relativement restreint. Il n'y a en effet que 25 ans que le Dr N. W. Radforth, maintenant directeur de l'Institut de recherches sur le muskeg, à l'Université du Nouveau-Brunswick, décidait de procéder à un sondage pour savoir ce qu'on entendait généralement par cette appellation.

Et c'est ainsi que "muskeg" a été retenu pour désigner un terrain organique dont les caractéristiques sont fonction de la structure de la tourbe qu'il contient et de la couche minérale sous-jacente, étudiées en fonction du relief et de la végétation.

Cette végétation est composée de mousses, de jonc, avec parfois des graminées, des lichens, des arbres et des arbrisseaux. Le sol sous-jacent est un mélange de matériaux organiques provenant de végétaux anciens, maintenant fossilisés, ayant subi une transformation chimique. C'est ce qu'on appelle la tourbe dont la teneur en eau est élevée.

Pour développer le Nord canadien après la deuxième guerre mondiale, il devenait d'une importance vitale de pouvoir y travailler et y assurer les transports. C'est le Conseil national de recherches du Canada qui, le premier en 1947, entreprenait une étude sérieuse de la question dont il chargeait son Comité associé sur la recherche géotechnique. Après une progression lente mais régulière, les études de ce comité atteignaient un tournant en 1955 avec la première conférence annuelle sur le muskeg canadien.

A la suite de conférences ultérieures paraissait le "Muskeg Engineering Handbook", qui est le premier ouvrage à faire le point des connaissances acquises dans le domaine de l'utilisation des marécages en mettant l'accent sur le développement du Canada. Quoique destiné au Canada, il sera également très utile pour les pays qui ont à résoudre les mêmes problèmes. Rédigé sous la direction du sous-comité du comité associé sur la recherche géotechnique, par un éventail d'experts couvrant les différents aspects de la recherche sur les marécages et des travaux en zones marécageuses, ce nouvel ouvrage sera grandement apprécié des ingénieurs qui ont à résoudre, non seulement les problèmes liés aux divers travaux d'aménagement et de construction dans ces zones, notamment dans le Nord du Canada, mais encore à y construire des voies ferrées, des routes, des pistes d'atterrissage et assurer le déplacement des véhicules

tous-terrains.

Le sous-comité, organisme pluridisciplinaire constitué d'ingénieurs et de scientifiques et présidé par le Dr Radforth, est un des groupes chargés d'étudier le sol canadien.

Les trois premiers chapitres du manuel reflètent la variété et l'étendue des recherches effectuées par le Dr Radforth qui est un pionnier dans ce domaine. Un chapitre de l'ouvrage est consacré aux propriétés physiques et chimiques de la tourbe du point de vue technique. Un autre chapitre couvre les études préliminaires qu'il convient de faire sur les zones que l'on envisage de développer.

La construction de routes et de voies ferrées, dont il a été question plus haut, fait l'objet d'une étude minutieuse dans un autre chapitre.

Les deux derniers chapitres abordent une grande variété de problèmes allant de la corrosion à la construction de pistes d'atterrissage, à la circulation et à la mobilité des véhicules sur sols organiques.

Le manuel, présenté par Ivan C. MacFarlane et publié sous la direction de la Division des recherches en bâtiment par les Presses de l'Université de Toronto qui en assurent la distribution, a été ajouté à la série d'ouvrages consacrés à la construction canadienne, série dont on envisage de faire ultérieurement une collection de livres de cours et qui nous a donné précédemment "Canada Builds" et "Performance of Concrete". □



Transport et construction en zones marécageuses exigent une technique spéciale.

Special engineering treatment is required for access and construction in muskeg.

BONJOUR, ÉCRIVEZ VOTRE NOM.

HELLO

WILFRID TREMBLAY

WC BROWN

PLEASE TYPE YOUR

WHICH COURSE WOULD YOU LIKE TO STUDY TODAY?

THE FOLLOWING QUESTIONS REFER TO THE PHYSICAL FEATURES OF THE GRIMSBY AREA AS SHOWN ON THE MAP.

NO. 8 DANS VOTRE LIVRE
QUESTION:

QUESTION: QUELLE EST L'ALTITUDE EN PIEDS DU
LAC ONTARIO?

246

TRÈS BIEN, INDICENT LES ALTITUDES
LES ZONES EN VERT FONCÉ OU SE TROUVE LA RÉGION
ALLANT DE 0 À 500 PIEDS. D'ALTITUDE 0?

AU NIVEAU DE LA MER

DARK GREEN
FROM 0 FEET
0 FEET?

YOUR THINKING CAP IS ON.
IS GRIMSBY'S ELEVATION HIGHER OR LOWER
THAN 246 FEET?

HIGHER

EST-CE QUE LE TERRAIN AU SUD DE GRIMSBY EST PLUS
ÉLEVÉ QU'AU NORD DE GRIMSBY?

PLUS ÉLEVÉ

REFER TO MAP 8 IN YOUR B
THE NAME OF THE PHYSICAL
HIGHLAND FROM LOWLAND?

NIAGARA ESCARPMENT
WELL DONE.