

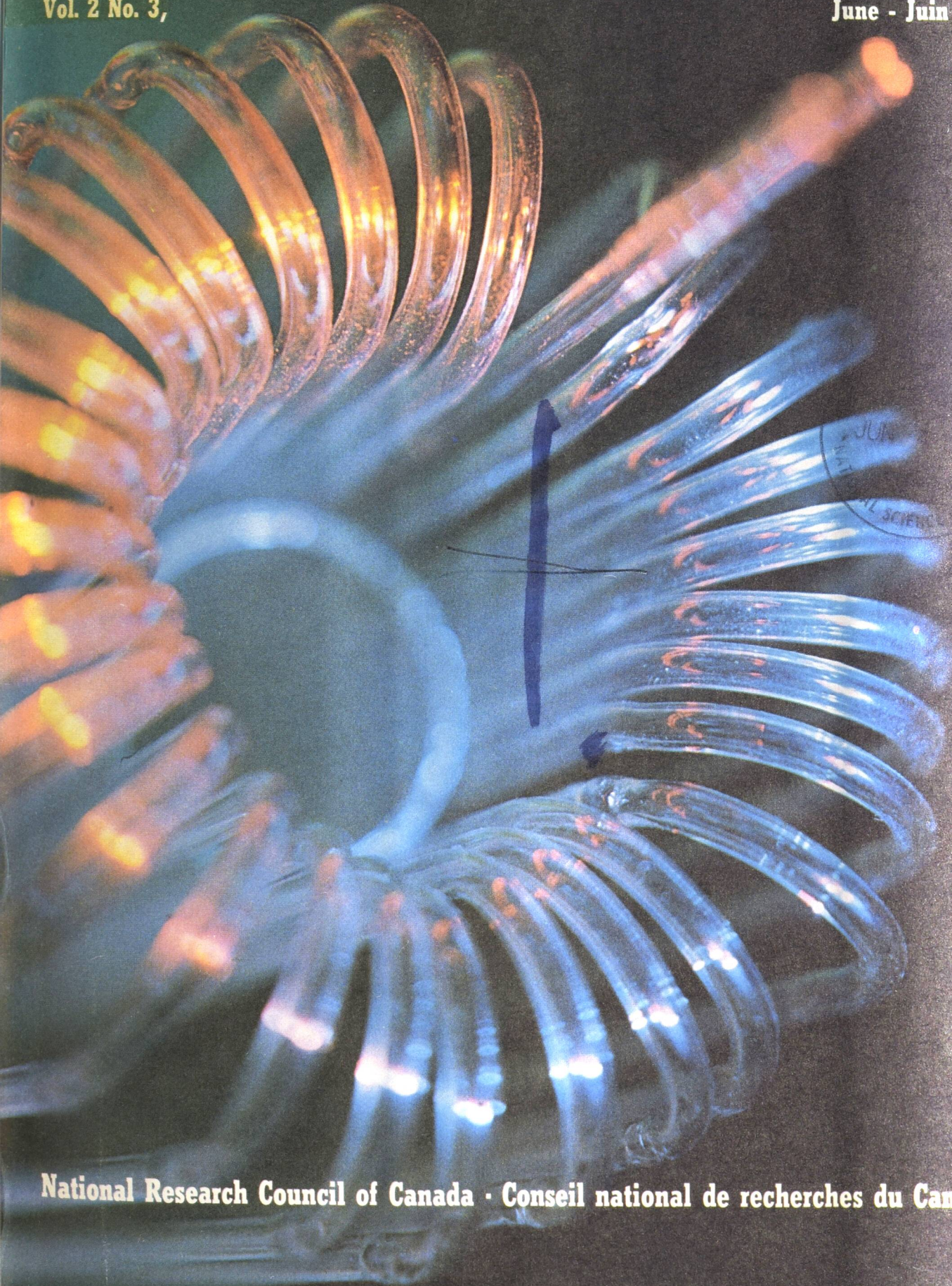
4155

BLE

SCIENCE DIMENSION

Vol. 2 No. 3,

June - Juin 1970



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



Cover photograph: By Grant Crabtree and Bruce Kane of NRC. This labyrinth of glass is an efficient vacuum pump. It is a 28-stage pump used in accommodation pumping, a simple principle for obtaining ultrahigh vacuums developed by Dr. J. P. Hobson of NRC. See page 14.

Notre couverture: Par Grant Crabtree et Bruce Kane du CNRC. Ce véritable labyrinthe de verre, c'est une pompe à 28 étages qui aide à créer des ultravides grâce au pompage par "accommodation", principe que vient de découvrir le Dr J. P. Hobson du CNRC. Voir page 15.

CONTENTS - SOMMAIRE

-
4. IBP project at Char Lake
 5. Le PBI au lac Char
-
8. Computer music facility
 9. Compositeur électronique
-
14. New ultrahigh vacuum technique
 15. Nouvelle technique de l'ultra-vide
-
18. Key agent in cell production
 19. Déclencheur de reproduction cellulaire
-
24. Identification of plants
 25. L'identification des plantes
-
30. Versatile new telescope at UWO
 31. Nouveau télescope à l'UWO
-

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.

Managing Editor/Directeur —
René Montpetit

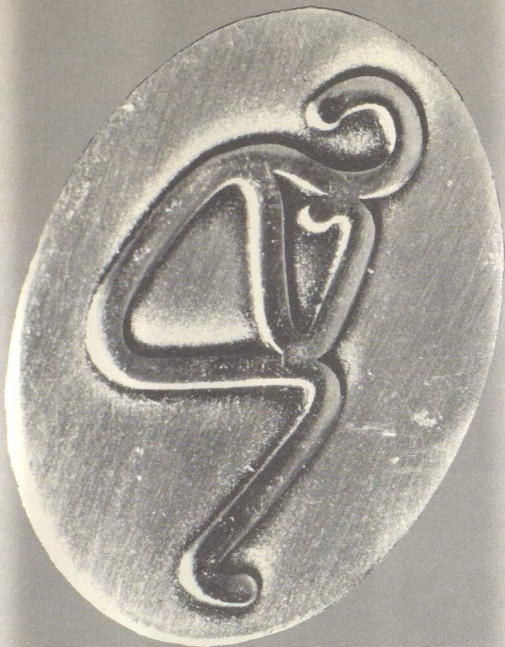
Editor/Rédacteur en chef — John E. Bird

Design/Arts graphiques —
Robert Rickerd

Photography/Illustrations —
Grant Crabtree, Bruce Kane

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

Production/Édition — Alex Maton



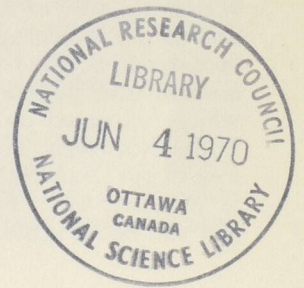
Les inventeurs canadiens, dont les inventions ont permis à la Société canadienne des brevets et d'exploitation limitée (SCBE) d'accorder des licences, vont maintenant pouvoir porter l'insigne de "l'Inventeur". Cet insigne représente, stylisé, "le Penseur" de Rodin. Il a été adopté par la SCBE, filiale du CNRC, chargée des brevets et des licences émanant d'inventions de scientifiques de l'Etat ou des universités.

Canadian inventors whose products have been licenced for exploitation by Canadian Patents and Development Limited are now entitled to wear "The Inventor" pin in their lapels. A stylized version of Rodin's famous sculpture, the pin has been designated as the official symbol of CPDL, a subsidiary of NRC responsible for patenting and licensing inventions of government and university scientists.



Ce symbole a été adopté par la Société internationale pour la réhabilitation des handicapés. Il indique que les handicapés physiques peuvent bénéficier de certains services à l'intérieur de l'édifice sur lequel ce symbole est apposé. Le Comité sur les normes de construction pour les handicapés, dépendant du Comité associé sur le Code national du bâtiment, l'a recommandé.

This symbol has been adopted by the International Society for the Rehabilitation of the Disabled to indicate services within a building available to the physically disabled. Its use in Canada has been recommended by the Committee on Building Standards for the Handicapped of the Associate Committee on the National Building Code, NRC.



Scientists study effects of pollutants In Arctic lakes

Without proper safeguards, exploitation of the rich resources of the high Arctic will do much to upset the delicate environment of Canada's newest frontier. Two areas of immediate concern are the degree to which man and machines should be permitted to pollute the Arctic Ocean and Arctic lakes and rivers, and the point at which harvesting from every type of ecosystem should be controlled to ensure the future of particular resources.

These two problems are uppermost in the mind of the Canadian Committee for the International Biological Program, (CCIBP) which is made up of senior university and government biologists appointed by the National Research Council of Canada. As a result of this concern, the Committee is sponsoring a year-round study of production and pollution in Char Lake, which is located on Cornwallis Island in the Northwest Territories, one mile east of the southern end of the airstrip at Resolute Bay. Funds for this project are being provided by NRC, and

the research is being conducted by scientists from the universities of McGill, Guelph, Waterloo, Toronto, one U.S. university and several federal government departments.

The Canadian Committee for the International Biological Program is sponsoring a number of research projects within the framework of the International Biological Program (IBP), a 60-nation program of fundamental research into the problems of biological productivity and human survival in a world undergoing rapid technological change. This world-wide program is concerned with broadening man's understanding of the so-called balance of nature and the means by which man can preserve or control this balance without accidentally destroying it.

Dr. Frank Rigler of the Department of Zoology of the University of Toronto — Project Director of the Char Lake study — says the study was first proposed by an international committee of IBP concerned with production in fresh water.

"The Canadian Committee of IBP agreed to undertake the study since Canada not only has more unglaciated Arctic and more Arctic lakes than any other country, but also the resources to undertake such research," he says.

Char Lake was chosen in 1967 as the ideal site for the study because it is easily accessible, is of optimum size and is biologically and physically simple. Work started on a small scale in 1968. The lake was surveyed and sounded, and studies of fish and aquatic insects were initiated. In April, 1969, laboratories and living quarters were built and in May an intensive sampling program began. This preliminary work will be followed by intensive studies of the whole ecosystem of the lake in 1970 and 1971.

"The objectives of the Char Lake Project are related to man's present environmental concerns," Dr. Rigler says. "How much can he harvest from every type of ecosystem? How badly can he maltreat any system without

→

Dr. Frank Rigler used small tent as his laboratory during initial studies at Char Lake.

Au début, le Dr Frank Rigler s'est servi de cette tente comme laboratoire.



La pollution dans Les lacs arctiques

Si l'on ne prend pas certaines mesures, l'exploitation des grandes richesses du nord arctique risque de compromettre le délicat équilibre écologique de cette dernière conquête canadienne. Il importe donc de déterminer maintenant jusqu'à quel point on peut polluer l'océan, les lacs et les rivières arctiques et à quel moment il faudra réglementer l'exploitation de chaque système écologique pour assurer la durabilité de certaines ressources.

Tels sont les problèmes auxquels le Comité canadien du Programme biologique international (CCPBI), composé des meilleurs biologistes universitaires et gouvernementaux nommés par le CNRC, doit résoudre en priorité et c'est pourquoi l'étude permanente des ressources exploitables et de la pollution du lac Char a été placée sous ses auspices. Le lac Char est situé sur l'île Cornwallis dans les Territoires du Nord-ouest, à un mille à l'est de l'extrémité sud de la piste d'atterrissage de Resolute Bay. Ces travaux auxquels participent des scientifiques des univer-

sités de McGill, de Guelph, de Waterloo, de Toronto ainsi que d'une université américaine et de plusieurs ministères fédéraux, sont financés par le CNRC.

Le Comité canadien du Programme biologique international patronne plusieurs travaux de recherche exécutés dans le cadre du PBI auquel participe 60 pays. Il s'agit d'un programme de recherche fondamentale axé sur la productivité biologique et la survie de l'homme dans un monde en pleine évolution. Ce programme global vise à élargir la connaissance que l'homme a acquise de l'équilibre écologique et des moyens propres à le conserver ou à le contrôler sans le détruire accidentellement.

Selon le Dr Frank Rigler, du Département de zoologie de l'Université de Toronto et Directeur de l'étude du lac Char, il s'agit d'abord de déterminer sur la proposition d'un comité international du PBI, quelles sont les ressources des eaux douces. Il nous a dit: "Le Comité canadien du PBI a

accepté de participer à cette étude parce que le Canada possède non seulement plus de terres et de lacs dans l'Arctique que tout autre pays, mais également parce qu'il en a les moyens".

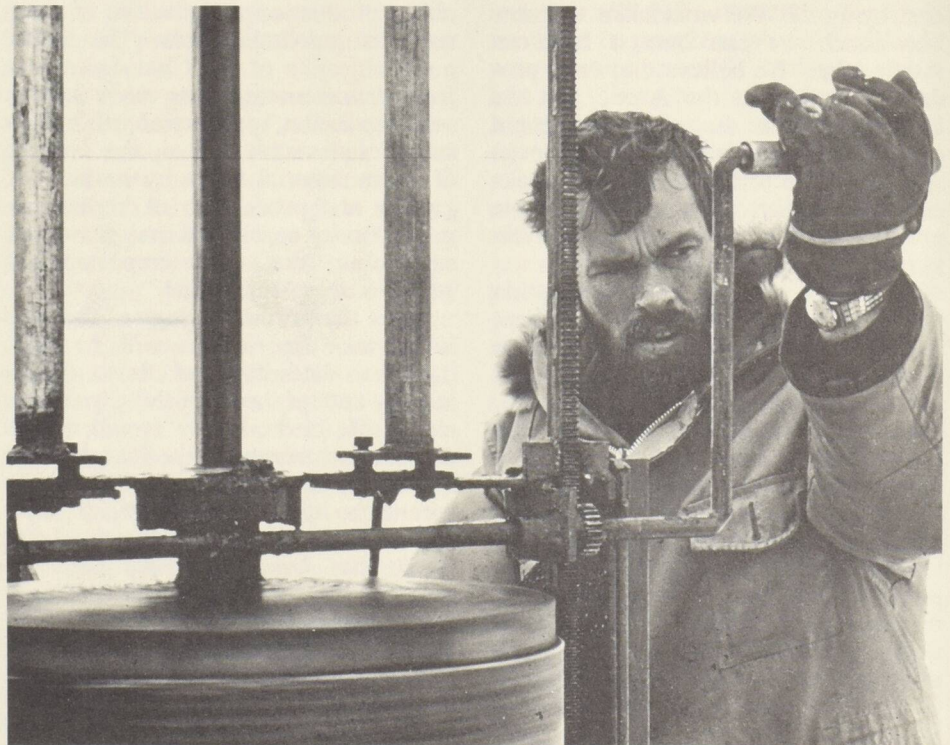
C'est en raison de son accessibilité et de sa simplicité du point de vue biologique que le lac Char a été choisi en 1967 et les travaux ont commencé sur une petite échelle en 1968. On a d'abord fait un levé topographique puis on a sondé le lac avant d'étudier les poissons et les insectes. Des laboratoires et des logements ont été construits en avril 1969 pour faciliter une campagne intensive de prélèvement d'échantillons le mois suivant. Ces travaux préliminaires donneront suite en 1970 et en 1971 à une étude approfondie de tout le système écologique du lac.

Le Dr Rigler a poursuivi: "L'objectif de l'étude du lac Char est lié aux préoccupations actuelles de l'homme en ce qui concerne son environnement.

→

John Geale, étudiant de 2^{ème} cycle à l'Université de Toronto, règle la foreuse qui, en 3 minutes, va percer un trou de 8 pieds dans la glace.

John Geale, graduate student at the University of Toronto, sets up auger which can drill through eight feet of ice in three minutes.



pollution study

Dr. Harold Welch and Ian Davies, graduate student at the University of Toronto, gather fish samples through hole in ice.

Le Dr Harold Welch et Ian Davies, étudiant de 2^{ème} cycle à l'Université de Toronto, échantillonnent les poissons.



destroying it? We would like to know how much we can harvest from an Arctic lake. We believe that total production is low in the Arctic, but we know also that an astute fisherman can catch hundreds of Arctic char (a relative of the brook trout) in a weekend. Is he harvesting the cumulative production of many years or can this harvest be sustained?"

Dr. Rigler says a second question has only recently been asked about the Arctic. "The growing interest in Arctic oil and gas reserves has brought an increasing number of men and machines to the north. It is known that the Arctic tundra can be quickly destroyed by man's activities, but little is known about the Arctic ocean or lakes. We cannot say if an Arctic lake is more easily polluted than a temperate lake.

"To obtain answers to these questions, and to others that will surely arise as we increase our exploitation of Arctic wealth, much research will be needed. The first step is to learn

about production and the life of creatures in unpolluted lakes. This is the main objective of the Char Lake project. Measurements being made include solar radiation, production of microscopic and visible plants, the amount of plant material eaten by herbivores, growth and production of herbivores, predation by carnivores and growth of carnivores, the most important of which is the Arctic char."

Once the normal biology of the lake is known, experiments will be conducted to determine the effects of pollutants and of heavy fishing pressure on the life in the lake. "It will not be necessary to complete the first descriptive phase of the project before the second is initiated," Dr. Rigler says. "Near Char Lake is Meretta Lake which has been receiving domestic sewage from the Department of Transport base at Resolute for many years. Comparative studies of important variables such as algal growth, phosphorus concentration and oxygen depletion have already been initiated. These will

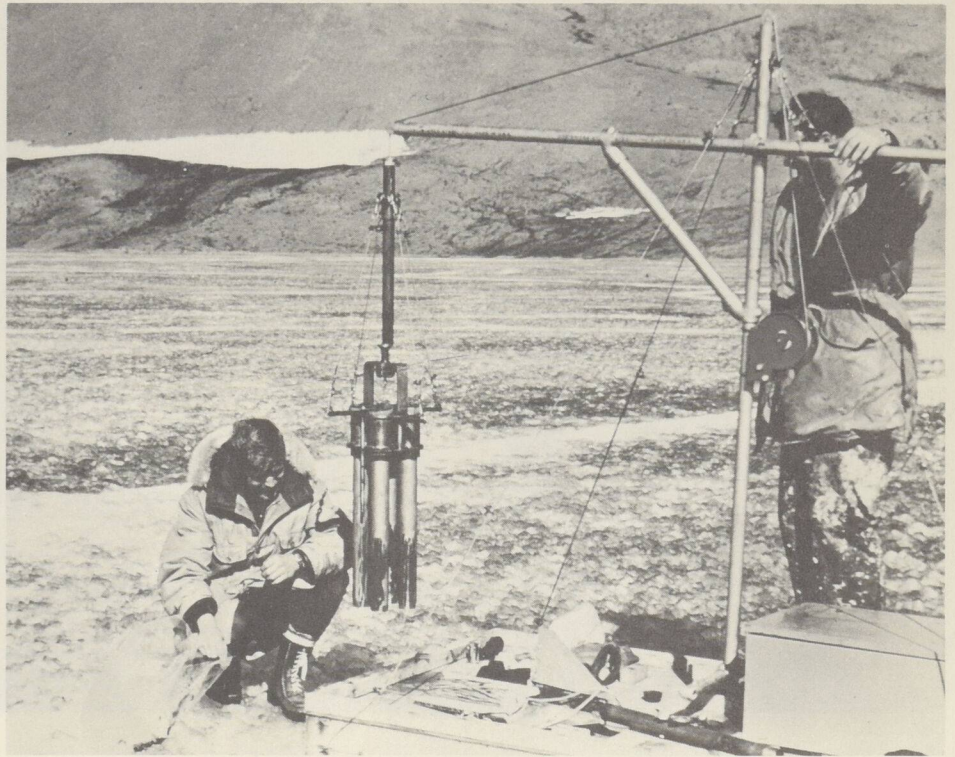
show the effect of pollution in Meretta Lake."

Since Char Lake is covered with up to eight feet of ice for 11 months of the year, SCUBA divers are playing an important role in the project. Dr. Harold Welch, also of the Department of Zoology of the University of Toronto, was in charge of last winter's experimental and sampling program. This important season is normally neglected in Arctic studies. Dr. Welch resided at Resolute with his family and travelled to and from the lake by snowmobile. □

la pollution . . .

Stanley Stocker, graduate student at the University of Toronto, (left) and Ian Davies with equipment used to obtain core samples from the bottom of Char Lake.

Stanley Stocker, étudiant de 2^{ème} cycle à l'Université de Toronto (à gauche) et Ian Davies font un carottage du fond du lac Char.



Jusqu'où l'homme peut-il aller dans l'exploitation de chaque type de système écologique? Jusqu'à quel point peut-il maltraiter chaque système sans le détruire? Nous aimerions savoir ce qu'il est possible d'exploiter dans un lac arctique. Nous pensons que le total des ressources exploitables est faible mais nous savons aussi qu'un pêcheur habile peut prendre en deux jours plusieurs centaines d'ombles (poissons de la famille de la truite de rivière). Est-ce que de si bonnes pêches ne risquent pas d'épuiser ce réservoir d'ombles si elles passent du niveau du pêcheur du dimanche au stade industriel? Ce n'est que tout récemment qu'une autre question s'est posée à propos de l'Arctique. L'intérêt croissant que suscitent les réserves de pétrole et de gaz a provoqué l'arrivée dans le nord d'un nombre d'hommes et de machines de plus en plus grand. On sait que la toundra peut être rapidement détruite par l'homme mais on connaît peu de choses sur les océans et les lacs arctiques. Nous ne savons pas, notam-

ment, si un lac arctique peut être plus facilement pollué qu'un lac situé en zone tempérée.

Pour avoir une réponse à ces questions, de même qu'à d'autres qui surgiront à mesure que notre exploitation des richesses arctiques augmentera, il nous faudra faire beaucoup de recherches. La première étape consistera à acquérir des connaissances sur la flore et la faune des lacs vierges et c'est l'objectif principal de l'étude du lac Char. Les mesures qui sont faites comprennent les radiations solaires, le volume des plantes microscopiques et des plantes visibles, celui des végétaux mangés par les herbivores, la croissance et le nombre de ces herbivores, la destruction due aux carnivores et la croissance de ces derniers, l'omble étant le plus important de ces carnivores".

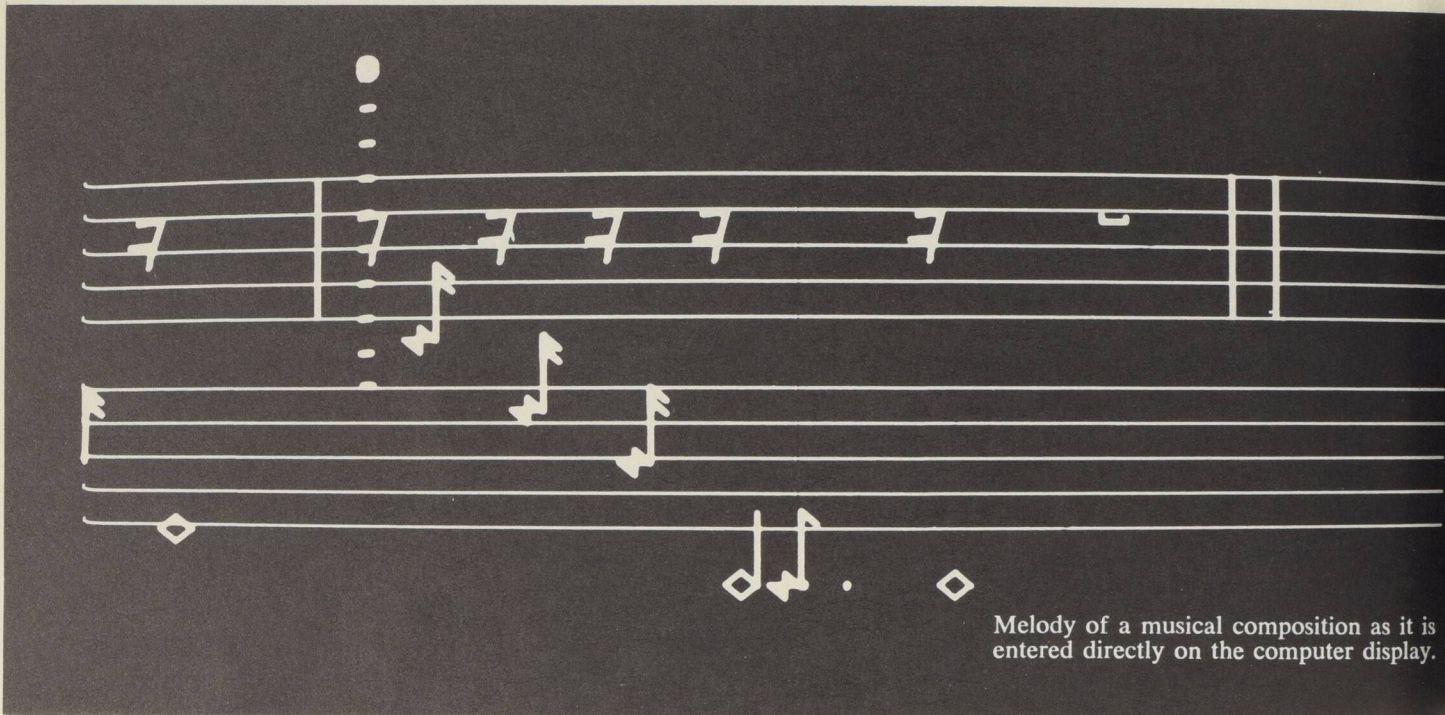
Dès que l'on connaîtra les conditions de vie naturelle dans le lac, on fera des expériences pour déterminer l'effet des polluants et de la pêche intensive. Le Dr Rigler a terminé en disant: "Il ne

sera pas nécessaire d'attendre l'achèvement de la première phase de l'étude pour entreprendre la seconde. Non loin du lac Char se trouve le lac Meretta dans lequel se déversent les égouts de la base de Resolute Bay depuis de nombreuses années. On a commencé à suivre l'évolution de variables importantes telles que: la croissance des algues, la concentration du phosphore et les pertes d'oxygène. On pourra aussi évaluer l'effet des polluants sur le lac Meretta".

Le lac étant recouvert pendant onze mois de l'année d'une importante couche de glace pouvant atteindre huit pieds d'épaisseur, les plongeurs jouent un rôle important dans le programme. C'est le Dr Harold Welch, également du Département de zoologie de l'Université de Toronto qui a été chargé des expériences et des prélèvements l'hiver dernier. Remarquons que l'on néglige généralement d'inclure cette importante saison dans l'étude des régions arctiques.

□

From Handel and Haydn to The headless musician



Melody of a musical composition as it is entered directly on the computer display.

H. Le Caine R. A. S. of R. & E. Co. N.R.C. Research News
21, (1), 12 1968

In almost all cultures, the earliest known forms of music were sacred and ritualistic. Secular music developed during the 10th century and with it established rules of musical form began to break down. Emphasis on individual genius characterized the 17th and two succeeding centuries, producing music's immortals.

However, the desire for change so prevalent in every area of life throughout the 20th century, has applied to the field of music as well, resulting in an inevitable search for something new: thus, new scales, rhythms, ranges, key relationships, even instruments, and with the advent of electronic music — a general break-away from conventional form. Technology,

all the while, has interacted with music and played an integral part in the creative process.

Now engineers with the Radio and Electrical Engineering Division of the National Research Council of Canada, have developed a program package which allows a composer to write, modify and manipulate melodies while sitting at a computer display console. In this research, NRC is interested only in exploiting technology and not in composing music.

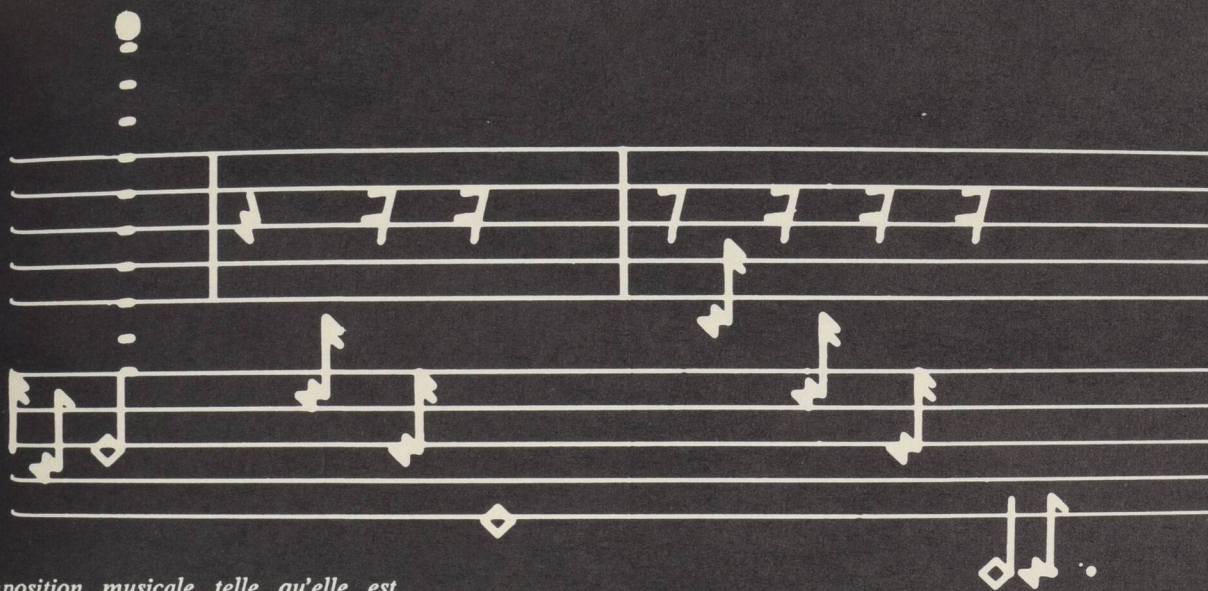
"Man has adapted himself enough to the computer," says Ken Pulfer of the Division's Data Systems Section. "It's time we started adapting the machine to man."

So when free-lance composer Larry

Crosley was called upon to produce the music for Carleton University's new film "The Johari Window", illustrating the dynamics of one person interacting with others, he had his first interaction with an NRC computer.

The 93-minute film opens and concludes with music composed by Mr. Crosley on NRC's computer-aided facility, with an additional six minutes comprising one of the five student-produced fictional segments. The segment is wild and free and the music enhances the sense of freedom of movement. There is a computer in one scene, and the composer decided the most appropriate music to accompany it should come from a computer. →

De Haendel et Haydn au Compositeur électronique



Composition musicale telle qu'elle est affichée directement sur l'écran.

Les toutes premières formes de la musique ont été partout sacrées et ritualistes. Ce n'est qu'au 10^e siècle que la musique profane s'est développée et que les anciennes règles n'ont plus été strictement observées. Le 17^e siècle et les deux siècles suivants ont été caractérisés par l'importance que l'on a attribuée au génie de compositeurs qui sont devenus immortels.

De nos jours, le besoin de changement dans tous les domaines se reflète aussi dans la musique. C'est ce qui explique que, en général, les formes traditionnelles font place à la musique électronique c'est-à-dire à de nouvelles gammes, de nouveaux rythmes, de nouveaux claviers, de nouvelles relations entre les clés et même de nou-

veaux instruments. La technologie moderne est entrée en jeu évidemment et fait partie intégrale du processus de création.

Les ingénieurs de la Division de radiotechnique et d'électrotechnique du Conseil national de recherches ont mis au point une série de programmes grâce auxquels un compositeur assis devant un écran lié à un ordinateur peut écrire et modifier ses mélodies.

"L'homme s'est assez bien adapté à l'ordinateur", nous a fait remarquer Ken Pulfer, de la Section d'informatique, "mais le moment est venu d'adapter la machine à l'homme".

Ainsi, lorsque le compositeur indépendant, Larry Crosley, a été amené à écrire la musique du nouveau film

"La fenêtre de Johari" (The Johari Window) de l'Université Carleton, dans lequel on montre que les actions d'une personne influent sur le comportement d'une autre, lui-même a subi l'influence du comportement de l'ordinateur.

Le film de 93 minutes commence et se termine avec la musique de M. Crosley, écrite à l'aide d'un ordinateur du CNRC; le film comporte également six minutes supplémentaires dont l'une des cinq séquences romancées faites par des étudiants. Cette séquence donne une impression de liberté et de force et la musique renforce l'idée de liberté de mouvement. Un ordinateur figure dans le scénario et

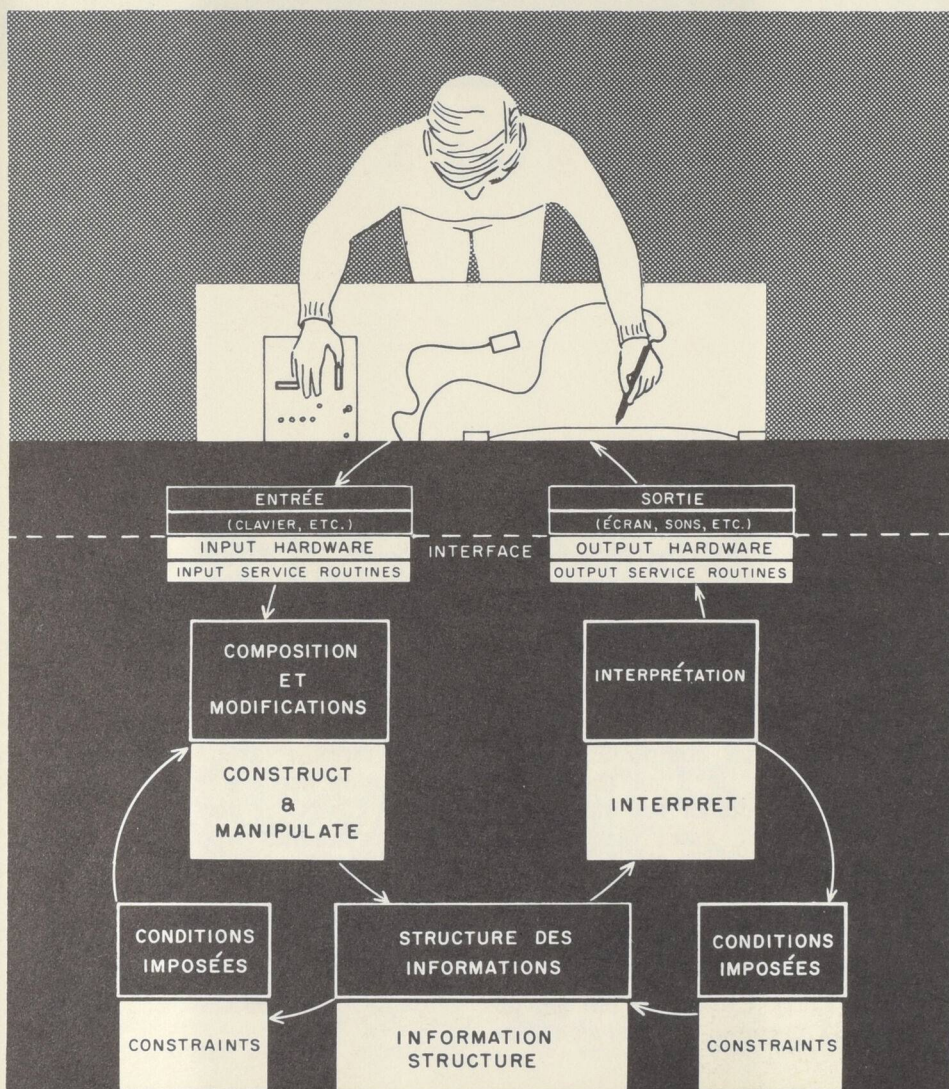
→

computer music facility

The input interface of NRC's music package consists of two parts. One is a keyboard and positioning wheel which allows a melody to be entered in the form of notes, rests, and other musical symbols. While this is being done, one of the output interpreter programs presents to the composer a picture on a screen, which looks much like sheet music on which he can see his music being written on a staff. By means of the keyboard, Mr. Crosley can also enter control information into the melody. Commands which define attack and decay, key, and logical boundaries of portions of the melody are available. Loudness and speed are also parameters which can be defined, and individual notes can be marked for amplitude stress.

Diagram showing creative interaction between user and machine.

Diagramme esquissant l'intégration utilisateur-machine.



The constructing package also includes editing facilities which allows the composer to easily modify melodies. Any number of notes or control signs may be inserted, deleted or overwritten as the composer desires. The second input-output interface pair allows him to sketch on the screen an amplitude versus time curve which defines the waveform and thus, the timbre of the sounds to be created.

A third interpreter program takes the melody and waveforms just created and "plays" them through a loudspeaker in the form of live music. Constraints are imposed during both the construction and interpretive phases. The computer allows only notes with pitches on the chromatic scale to be entered, and produces only the corresponding pitch sounds. Time durations of notes are limited to multiples of the duration of a "thirty second note" for a given choice of "speed."

An arrangement facility is available which permitted Mr. Crosley to say, in effect: "Play the first part twice with a slow decay and a mellow timbre; then play the second portion with a deep reed-like tone, followed by the first part again, one octave higher and with a very sharp decay."

The composer at any time may name and store away melodies, timbres, and even arrangements that he likes, and recall and combine these later in other contexts. At no time was it necessary for Mr. Crosley to learn how to program the computer, or in fact, even to know how to operate it, other than through making some choices from names presented to him on the screen.

"It's another instrument", says Mr. Crosley, "an instrument that does fantastic things — things that musicians can't do."

The computer-aided facility then provides the equivalent of pen, paper, musician and instrument. The composer, by means of the input interface (pen), constructs and modifies an embodiment of his idea (the composition) in the computer memory (the paper). The computer then translates this entity just produced into a form (sound) that the composer can appreciate and criticize by means of the output interface (the musician and his instrument).

compositeur électronique . . .

le compositeur a pensé que la meilleure musique d'accompagnement devait en provenir.

L'entrée de l'ordinateur consiste en un tableau d'affichage et en une roue de positionnement grâce auxquels on peut y introduire une mélodie sous la forme de notes, de pauses et autres symboles musicaux. A mesure que l'on affiche, l'un des programmes d'interprétation présente à la sortie une image représentant une portée sur laquelle se trouve la musique composée. Monsieur Crosley peut également utiliser le clavier pour donner des ordres touchant la manière dont l'ordinateur doit composer. Des commandes définissant l'attaque et le decrescendo, la clé et les limites logiques des parties de la mélodie peuvent être utilisées. La vitesse et le niveau sonore sont aussi des paramètres qui peuvent être définis et les notes peuvent être individuellement amplifiées.

Le compositeur peut également et facilement modifier les mélodies. N'importe quel nombre de notes ou de signes de contrôle peut être injecté, effacé ou remplacé à volonté par le compositeur. Il peut également esquisser sur l'écran une courbe d'amplitude en fonction du temps définissant la forme de l'onde et, ainsi, le timbre des sons qu'il veut obtenir.

Un troisième programme d'interprétation se saisit de la mélodie et des formes d'onde imposées par le compositeur et produit cette mélodie sur un haut-parleur. Des conditions peuvent être imposées pendant la phase de construction et pendant celle d'interprétation. L'ordinateur n'accepte d'entrées que dans la gamme chromatique et donne les sons correspondants. La durée des notes est limitée à des multiples de la durée d'une "note de 30 secondes" pour une "vitesse" choisie.

Il est possible de donner des consignes à l'ordinateur. M. Crosley a pu, par exemple, lui commander de: "jouer deux fois la première partie avec un decrescendo progressif et un timbre doux, puis la deuxième partie sur un ton grave d'instrument à anche; la faire suivre de la première partie de nouveau, une octave plus élevée et terminer le decrescendo très rapidement".

A tout instant, le compositeur peut définir et emmagasiner des mélodies,

des timbres et même des arrangements qu'il aime et il peut se les procurer de nouveau et les combiner en faisant appel à la mémoire de la machine. Il n'a été nécessaire à aucun moment que M. Crosley sache programmer l'ordinateur ou même qu'il sache s'en servir et il n'a eu qu'à choisir des noms qui lui ont été présentés sur l'écran.

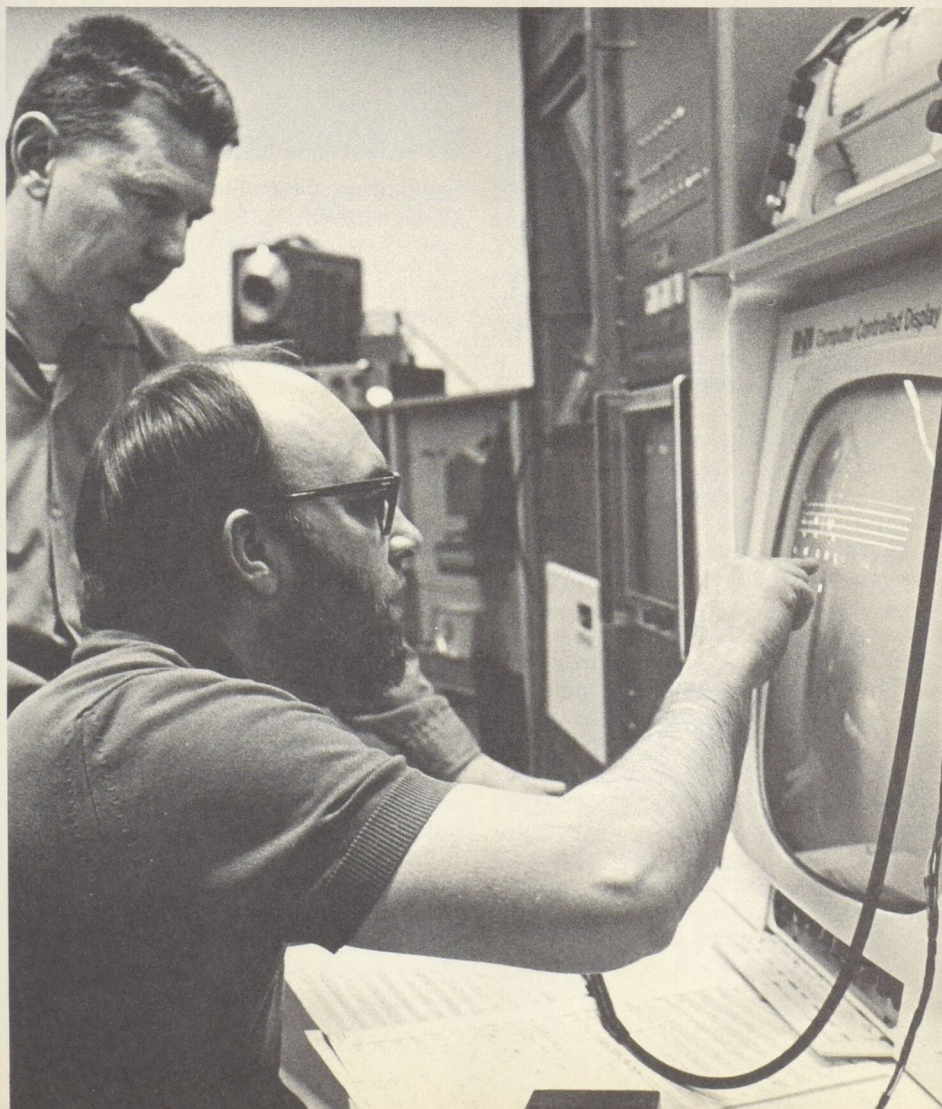
"C'est un autre instrument", nous a-t-il dit, "un instrument qui fait des choses fantastiques, des choses qu'un musicien ne peut pas faire".

En somme cette installation fournit l'équivalent d'une plume, d'un papier, du musicien et d'un instrument. Le compositeur, au moyen du clavier (la plume), formule son idée (la composition) qui va dans la mémoire de

→

Le compositeur indépendant, Larry Crosley, compose et modifie sa composition en se servant de l'ordinateur du CNRC.

Free-lance composer Larry Crosley constructs and modifies his composition with the help of NRC's computer-aided facility.



computer music facility

After hearing his creation, the composer may then modify it and listen to it again, and the process continues until he is satisfied.

If the appropriate key words are changed, this is an equally good description of architectural or engineering design, the formulation of new mathematical models describing the physical world, or the writing and producing of a play.

The computer has brought a new dimension not only to the field of music but to other creative fields as well, as it offers the artist a stimulus to create in the form of the unexpected. If the response he receives to a given input is new and different, it may trigger a whole new approach.

F. V. Cairns, Head of the Data Systems Section, emphasizes "that it must be understood research in this Section is aimed primarily at solving engineering problems. NRC is not involved in composing music as such. We are interested only in exploiting technology."

But as composers and others are the eventual users, the engineers in the Section require their comments in order to find out how useful the technology will be and how it should be developed.

"We encourage artists and composers like Crosley to use the machine," says Mr. Cairns, "as it is only from them that we can learn how the artist communicates with it."

Mr. Pulfer is attempting to find out what aspects of the system are common to the creative process in general and which ones are specific to a given type of creation, say, circuit design, architectural design, art, or music.

"Because the main objective of our research is the study of interaction between man and machine in a creative environment, we want to find a set of primitive operations from which the specific system components can be constructed. The setup at present is not oriented towards the production of high quality music, but is more of an experimental rather than production-oriented facility," he says.

There are, however, limitations in the type of music and type of sounds which can be produced. They are imposed by the speed of the computer and the approach taken to synthesizing



Scene from film which prompted composer Crosley to use computer music facility.

Image tirée du film qui a incité M. Crosley, compositeur, à se servir d'un ordinateur.

the waveforms within the machine. For example, at present the output is monophonic, and harmony cannot be produced "live" without sacrificing some other parameters such as tone quality. Such limitations, though perhaps serious to some composers, are of secondary interest in the Section, and presumably can be reduced to acceptable levels by a more powerful computer, and higher quality hardware.

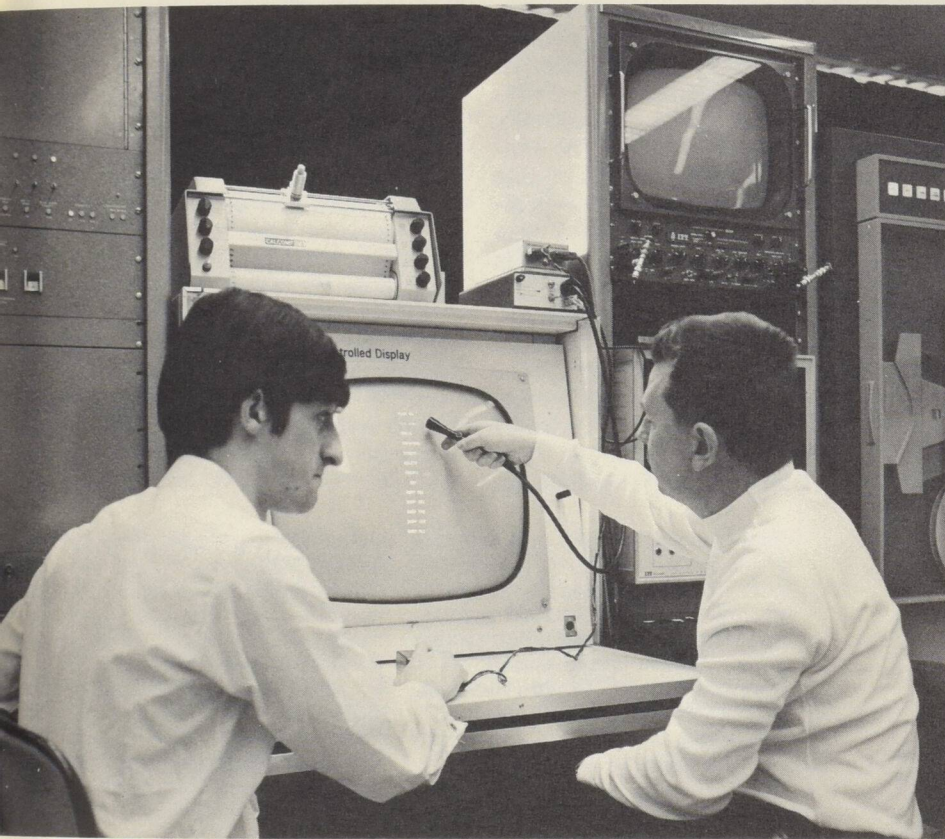
On the other hand, the composer may point out that he finds it intuitively difficult to think of timbre or tone quality as being specified by a waveform on a screen, and that he would much rather communicate in a different sort of language. In such a case this would be a definite hindrance to creative activity.

"I missed the element of human expression in it," says Mr. Crosley, "but then, you don't expect that. You get striking effects with the instrument because of its capabilities and I want to work with it again."

One measure of the success of a facility for aiding creative activity is that if it is used by a number of different people, the results should reflect the character and weaknesses of the individual users, rather than the faults of the machine.

"On the whole", says Mr. Pulfer, "user reaction to date has been enthusiastic and we hope that some of the ideas generated may be useful to other users of computers in creative fields."

compositeur électronique . . .



Ken Pulfer (à droite) de la Section d'informatique explique à Nil Parent, professeur-compositeur de l'École de musique de l'Université Laval, comment se servir de l'ordinateur pour faire des recherches sur les aspects théoriques de la composition musicale.

Ken Pulfer (right) of the Data Systems Section, explains the use of NRC's music package to Nil Parent, Professor-Composer at Laval University's School of Music. Professor Parent is using the computer for research on the theoretical aspects of musical composition.

l'ordinateur (le papier) et le calculateur traduit cette idée tout juste formulée sous une forme (le son) que le compositeur peut apprécier et critiquer au moyen de la sortie de l'ordinateur (le musicien et son instrument). Après avoir entendu son oeuvre, le compositeur peut l'écouter de nouveau et la modifier jusqu'à ce qu'il en soit satisfait.

Si les mots-clés appropriés sont changés, on peut obtenir une construction technique architecturale très bien décrite, ou des modèles mathématiques se rapportant au monde physique, ou une pièce de théâtre.

L'ordinateur a donné une nouvelle dimension, non seulement à la musique mais à tous les autres domaines de création; il permet même à l'artiste de créer de l'inattendu.

"Il faut bien comprendre", nous a dit M. F.V. Cairns, Chef de la Section d'informatique, "que nos recherches visent avant tout à résoudre des problèmes techniques et que le Conseil de recherches ne s'intéresse pas à composer de la musique mais à utiliser cette composition pour exploiter une technologie".

Toutefois, comme les compositeurs et d'autres personnes sont les utilisateurs éventuels, les ingénieurs de la section leur demandent de faire des commentaires pour trouver jusqu'à quel point cette technologie nouvelle est utile et dans quelle voie il conviendrait de la développer.

"Nous encourageons les artistes et les compositeurs, comme M. Crosley à se servir de cet ordinateur", dit M. Cairns, "car c'est seulement par

leur intermédiaire que nous pouvons trouver jusqu'à quel point l'artiste communique avec la machine".

Ken Pulfer essaye de trouver quels sont les aspects du système qui font partie du processus de création en général et il essaye de les relier à un type donné de création comme les études de circuits, l'architecture, l'art ou la musique.

"Du fait que l'objectif principal est l'étude de l'interaction entre l'homme et la machine dans une ambiance créatrice, nous voulons trouver quel est le groupe d'opérations premières qui donne les composantes d'un système donné. Actuellement, l'ensemble n'est pas orienté vers la production de musique de haute qualité mais plutôt vers une musique expérimentale".

La musique et les sons que l'on peut produire sont toutefois limités et imposés par la vitesse de l'ordinateur et par la méthode utilisée pour synthétiser les formes d'onde. Ainsi, actuellement, la sortie est monophonique et l'harmonie ne peut être produite "vivante" sans que l'on soit obligé de sacrifier d'autres paramètres comme la qualité du ton. De telles limites, si sérieuses que les compositeurs puissent les considérer, ne sont pour les chercheurs que d'un intérêt secondaire et l'on pense qu'elles pourront être réduites à des niveaux acceptables grâce à un ordinateur plus puissant et de meilleure qualité.

D'un autre côté, le compositeur peut faire remarquer qu'il a de la difficulté à se représenter la qualité du timbre ou du ton en regardant une forme d'onde sur un écran et qu'il préférerait disposer d'un autre moyen d'évaluation.

"Je trouve que l'expression humaine manque", nous a dit Larry Crosley, "mais on ne s'attend pas à la trouver. On peut obtenir des effets frappants avec cet équipement et j'aimerais pouvoir continuer à m'en servir".

Cet ensemble devrait également permettre, s'il est utilisé par différentes personnes, de faire ressortir les différences et les points faibles des caractères plutôt que de refléter les imperfections de la machine.

"En gros", nous a dit Ken Pulfer, "les utilisateurs sont enthousiastes et nous espérons que leur nombre augmentera". □

Accommodation pumping: using surfaces for directing atomic traffic

Pollution is a two-way street. Just as man's technology pollutes the air, the purest air, even in minute quantities, can seriously hinder studies on how atoms and molecules interact with surfaces. To prevent this and to ensure the validity of the results of these experiments scientists conduct such studies under ultrahigh vacuums. In contrast to physics in general which is concerned with the study of matter, ultrahigh vacuum physics is rather the study of the "absence of matter" for it deals with systems at very low pressures, with space nearly devoid of the atoms and molecules constituting matter.

Recently a physicist from the National Research Council of Canada working in this field, developed an ingenious method for transferring gas atoms from one portion of an ultrahigh vacuum system to another, thus creating a new type of pump. The scientist is Dr. J. P. Hobson, recently appointed Head of the Electron Physics Section of NRC's Radio and Electrical Engineering Division, and the method is termed accommodation pumping. This means of improving an already existing vacuum several fold could represent the beginning of a significant contribution to an area of physics which is of vital importance in producing thin-film semi-conductors, in simulating conditions of outer space for testing space vehicles in the laboratory, and in creating devices to cope with measuring the extremely low pressures encountered in space — pressures of the order of a hundred billionth of the earth's atmospheric pressure.

The main aims of ultrahigh vacuum physics are to develop procedures to remove as much of the atmosphere as possible from vessels, to develop means to measure the extremely low pressures so produced and to analyse and understand the processes occurring at these low pressures.

Accomplishing these aims, plucking isolated atoms out of "almost nothing", becomes increasingly difficult as the vacuum becomes more complete — although nature has one last laugh. It turns out that by simply immersing a glass sphere at reasonably low pressure in liquid helium, scientists can produce a vacuum which is ten thousand billion times more complete than

vacuums at room temperature requiring considerable skill, a great deal of effort and carefully selected components. However, because of prohibitive costs only the latter are industrially practical at the present time. The simply produced vacuum, less than one hundred quintillionth times the pressure of the earth's atmosphere, also happens to be immeasurable — it is some one hundred billion times too high a vacuum for gauges now in use.

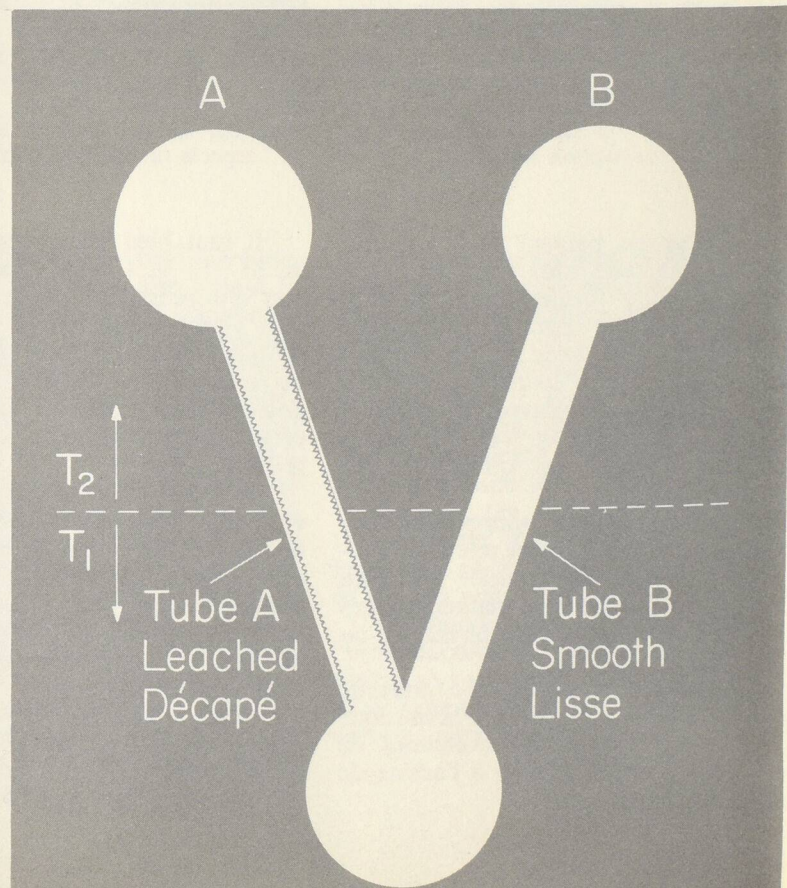
What does a pressure one hundred quintillionth of the earth's atmosphere mean? It means that where, at atmospheric pressure, a molecule will travel on the average several millionths of a centimeter before hitting another, at

this vacuum the path will be so long, it will have to be expressed not in billions of miles, but in billions of light years (one light year is six million million miles)! It means that where at atmospheric pressure a scientist has 1.7 thousand millionths of a second to study a clean surface before it becomes contaminated with the atmosphere, at the high vacuum, he has somewhat more time — 4½ trillion trillion years.

Dr. Hobson's work in accommodation pumping resulted from experiments showing up quirks in a physical "law" — a symbolic representation of results of laboratory operations, which is always subject to revision in the light

Two tubes differing in roughness connecting bulbs at low pressure and at two different temperatures are all the parts required for this vacuum pump. In the system (T_2 = room temperature, T_1 = temperature of liquid nitrogen, minus 195.8 degrees Centigrade), gas atoms are pumped from bulb on right to one on left.

Deux tubes présentant des parois internes différentes (l'une est lisse, l'autre rugueuse) et reliant des ballons à basse pression et maintenus à des températures différentes peuvent donner une pompe à vide! Ici (T_2 = température ambiante, T_1 = température de l'azote liquide, soit -195.8°C) les atomes du gaz sont pompés du ballon droit jusqu'au ballon gauche.



Le pompage par "accommodation" mène à l'ultra-vide

S'il est vrai que l'homme et sa technologie polluent l'air, l'air, même le plus pur, même en infime quantité gêne considérablement l'étude de l'interaction des atomes et des surfaces. En effet, bien souvent, c'est seulement en recourant aux ultravides que l'on peut assurer la validité des résultats des expériences.

Or, comme le sait tout lycéen, la physique, c'est l'étude de la matière. Mais que dire de la physique de l'ultra-vide qui a pour objet l'étude des systèmes, à très basse pression, presque dénués d'atomes et de molécules? Ne serait-ce donc pas la physique de l'absence de la matière?

La physique de l'ultra-vide intéresse,

elle aussi, les chercheurs du Conseil national de recherches du Canada. Dernièrement, au moyen d'une nouvelle méthode de pompage, un chercheur du Conseil a réussi à faire passer des atomes de gaz d'un point à un autre d'une enceinte sous *ultra-vide* et, ce faisant, il a pu améliorer de beaucoup l'ultra-vide déjà existant au point de départ des atomes. Le chercheur est le Dr J. P. Hobson, récemment nommé Chef de la Section de physique électronique à la Division de radiotechnique et d'électrotechnique; il a appelé sa méthode "accommodation pumping" c'est-à-dire pompage par accommodation et cette technique pourrait ouvrir des perspectives fort intéressantes.

C'est grâce à l'ultra-vide que l'on fabrique des semi-conducteurs à couche mince, simule au laboratoire les conditions spatiales nécessaires à l'étude des astronefs et que l'on met au point les jauges destinées à mesurer les ultravides de l'espace où les pressions ne sont que le cent milliardième de la pression atmosphérique.

Le physicien étudiant l'ultra-vide se pose essentiellement trois questions: (1) comment vider le plus complètement et le plus efficacement possible un récipient donné? (2) comment mesurer la très basse pression qui en résulte? (3) comment analyser et comprendre les processus qui ont lieu sous de si basses pressions?

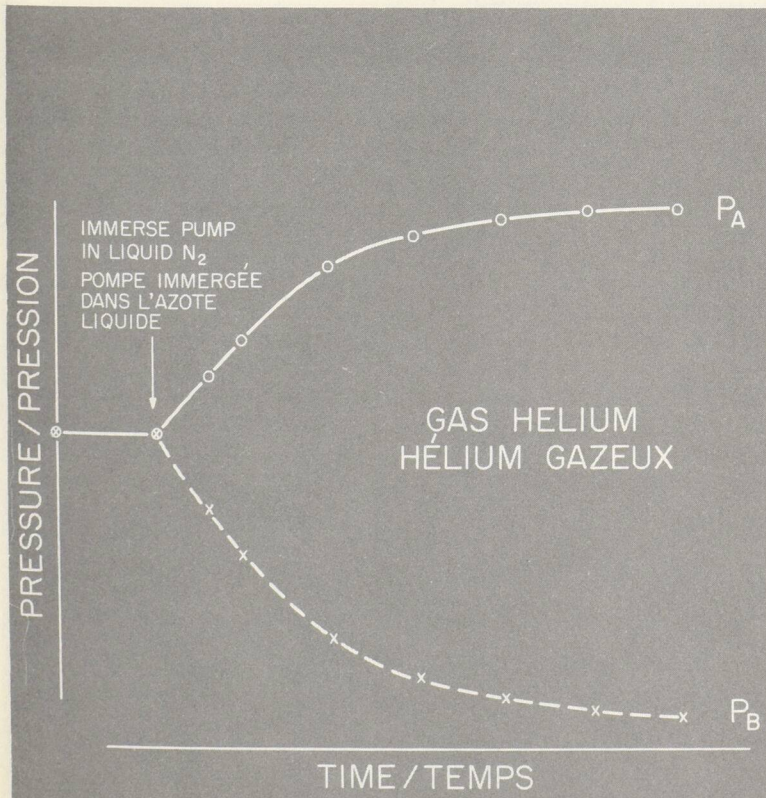
Les réponses à ces questions présentent plusieurs paradoxes. Citons comme exemple le cas d'un ballon immergé à relativement basse pression dans l'hélium liquide; on obtient un vide dix mille milliards de fois plus poussé qu'à la température ambiante à laquelle le vide que l'on obtient habituellement exige déjà maints efforts et une technique très poussée. Malheureusement, cette méthode coûte trop cher et l'industrie ne peut y recourir.

La pression à l'intérieur du ballon plongé dans l'hélium liquide doit être multipliée par dix à la trente-deuxième puissance pour qu'elle soit égale à la pression atmosphérique. Autrement dit, alors qu'à la pression atmosphérique une molécule traverse en moyenne plusieurs millièmes de centimètres avant de se heurter à une autre, le libre parcours moyen dans le ballon sous ultra-vide serait d'une longueur à exprimer en milliards d'années-lumières (1 année-lumière = 9461 milliards de km)! Autrement dit, pour examiner au laboratoire une surface propre, le chercheur dispose de 1.7 milliardième de seconde avant que l'"atmosphère" ne la recouvre. Toutefois, si cette même surface est sous l'ultra-vide en question, il aura largement le temps . . . 4.5×10^{18} années!

Des résultats expérimentaux allant à l'encontre d'une des lois générales de la physique, voilà ce qui a amené le Dr Hobson à sa découverte. Il disposait d'une enceinte de verre en forme d'haltère, c'est-à-dire de deux ballons sous vide à température différente et

Comportement des pressions dans les deux ballons à température ambiante reliés par tubes à surface interne rugueuse (PA) et lisse (PB), après immersion du troisième ballon dans l'azote liquide. D'après le graphique, PB diminue et PA augmente jusqu'à ce que l'on obtienne une différence constante.

Graph of general pressure behavior in warm bulbs connected by rough (PA) and smooth (PB) tubing after the cold portion had been immersed in liquid nitrogen. The graph shows that gas atoms are pumped until a constant pressure difference develops.



accommodation pumping

of new evidence. He was experimenting indirectly with glass bulbs, under vacuum, kept at different temperatures and connected with a tube — a glass dumbbell, as it were. Although it seemed that the law (which relates the ratio of the pressures at equilibrium in the bulbs to the square root of the ratio of their respective temperatures) was followed when the connecting tube (the handle of the glass dumbbell) was roughened, it failed to hold when the surface was smooth, in which case the ratio of pressures noted was higher than expected.

These results suggested that if one connected two bulbs (at room temperature, say) to a colder bulb (immersed, for example, in liquid nitrogen, at minus 195.8 degrees Centigrade) by means of a smooth tube in one case and a rough one in the other, and then evacuated the system to low pressure, then at equilibrium there should be a constant difference in pressure in the two warm bulbs. Here, then, would be the basis for a continuously operating vacuum pump, requiring neither mechanical nor electrical assistance.

The pump, to Dr. Hobson's delight, worked just as predicted. As the next step, he proceeded to examine the factors which influence the functioning of the pump. During the methodical exploration of this novel discovery, it was found that the pump seemed to perform best with pyrex connecting tubes, one smooth, the other roughened by immersion in boiling dilute hydrochloric acid for several days. Moreover, although pumping was observed for all gases studied, the efficiency varied with the kind of gas in the bulbs.

Another particularly significant property of the pump also emerging from theoretical considerations was verified experimentally. When the two bulbs at the same temperature are joined by, say, twenty smooth-rough tube combinations arranged in series, then the ratio of the pressures during pumping is approximately twenty times as large as it is for one smooth-rough combination.

What does the "accommodation" in accommodation pumping signify? If one considers the gas molecules or atoms in the bulbs as tiny balls, accom-

modation is a measure of how well the balls are taken onto or "accommodated" by a surface during collisions. In the case of collisions with a smooth wall, accommodation is poor and "specular reflection" or an elastic bounce off the wall occurs — as billiard players know. In contrast, with an atomically jagged surface the atoms are accommodated in large measure and rebound in a random way like rubber balls thrown against a flight of stairs.

But how, then, does accommodation account for pumping gas molecules from one place to another? The full answer is not yet known, but Dr. Hobson offers this theory. For the rough tube, the atoms or molecules from the warmer bulb are fully accommodated as are the atoms or molecules from the cold bulb. However, for the smooth tube, atoms from the hot bulb are accommodated less than atoms

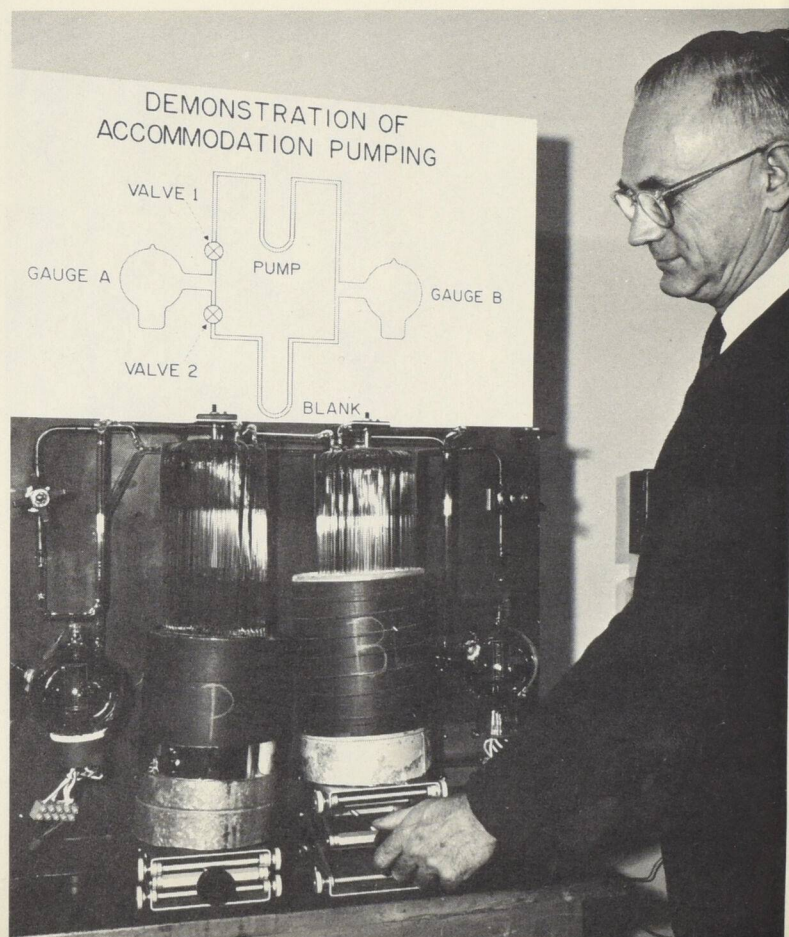
from the cold bulb. The net effect is to transfer atoms from the hot bulb attached to the smooth tube to the hot bulb attached to the rough tube.

"Accommodation pumping presents several powerful potential advantages" notes Dr. Hobson. "No fluids enter into the vacuum as is the case with a mercury diffusion pump. In fact, there are no moving parts, a far cry from rotary vacuum pumps which work only at much higher pressures. With accommodation pumping there is no apparent lower pressure limit and the pumping action does not saturate after a certain number of molecules have been pumped."

However, Dr. Hobson adds a caveat to other ultra high vacuum physicists: "The pumping action just described could develop inadvertently in any apparatus with temperature gradients in which different surfaces might occur." □

During demonstration of accommodation pumping Dr. J. P. Hobson adjusts container of liquid nitrogen used to cool part of the pump.

Lors de la démonstration pratique du pompage par accommodation le Dr J. P. Hobson met en place un ballon d'Arsonval rempli d'azote liquide afin de refroidir la partie inférieure de la pompe.



pompage . . .

réunis par un tube. La loi de physique, selon laquelle le rapport de la pression d'un ballon à celle de l'autre est directement proportionnelle à la racine carrée du rapport des températures dans les ballons, est observée lorsque la surface interne du tube est rugueuse mais ne l'est plus lorsque cette surface est lisse.

Est-ce que l'on pourrait profiter de cette anomalie? Suivons le raisonnement du Dr Hobson: si deux ballons (à la température ambiante par exemple) sont reliés à un troisième (immergé dans l'azote liquide à -195.8°C) par deux tubes dont la surface interne est lisse dans un cas et rugueuse dans l'autre, le tout étant sous vide, on devrait constater une différence de pression entre les deux ballons les plus chauds. On aurait ainsi découvert le principe d'une pompe à vide fonctionnant sans arrêt et n'ayant besoin ni d'électricité ni d'énergie sous forme

mécanique.

Tout s'est passé comme le Dr Hobson l'avait prédit. Se mettant alors à examiner les divers facteurs qui influent sur l'appareil, il a obtenu un rendement optimal en ayant recours aux tubes en pyrex, dont la surface interne de l'un a été rendue rugueuse par décapage à l'acide chlorhydrique bouillant. En outre, bien que le pompage s'effectue quel que soit le gaz employé, l'efficacité de la pompe dépend du gaz qui se trouve dans les ballons.

Une autre propriété importante du pompage, découlant également de la théorie, a été vérifiée au laboratoire: lorsque les deux ballons à la même température sont réunis, non pas par deux tubes d'inégale qualité de surface interne, mais par vingt combinaisons de ces tubes, montés en série, le rapport des pressions lors du pompage est d'environ vingt fois plus élevé que

celui donné par une seule combinaison.

Mais que faut-il entendre par pompage par "accommodation"? Admettons que les atomes ou molécules du gaz en question ne soient que de petits corps sphériques. Au cas où ces corps entrent en collision avec un paroi lisse, ils rebondissent élastiquement comme le sait très bien chaque joueur de billard, et l'on dit alors que l'accommodation est faible du fait que la surface ne peut guère piéger ni dévier les molécules touchant les parois. Par contre, si la paroi est rugueuse, les molécules rebondissent comme des balles de tennis jetées contre un escalier, c'est-à-dire aléatoirement; on dit alors que l'accommodation est forte.

Ceci dit, comment l'accommodation peut-elle être appliquée au pompage? Il reste à découvrir une réponse définitive mais le Dr Hobson suggère que, dans un tube à surface interne rugueuse, les atomes ou molécules s'accommodent bien quelle que soit la température du ballon d'où ils viennent. Toutefois, lorsqu'ils passent dans un tube à surface lisse, les atomes provenant du ballon refroidi s'accommodent mieux aux parois que ceux qui proviendraient du ballon chaud. Par conséquent, on observe finalement un mouvement des atomes de l'un des ballons chauds vers l'autre via le tube à surface lisse, le ballon refroidi et le tube à surface rugueuse.

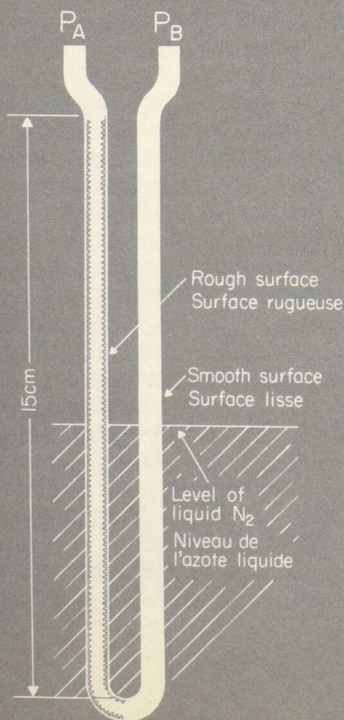
"Le pompage basé sur l'accommodation pourrait présenter plusieurs avantages importants" nous a dit le Dr Hobson. "On ne se sert pas de liquides dans ce système comme dans les pompes à vapeur de mercure. De plus, il n'y a aucune pièce en mouvement, comme dans les pompes à rotors qui fonctionnent à des vides beaucoup plus faibles. Enfin, d'après nos résultats, le pompage basé sur l'accommodation peut diminuer la pression d'une partie du système, apparemment sans limite et sans trêve."

"Comme c'est souvent le cas, cette découverte met en lumière des pièges où les physiciens du passé se sont très probablement laissés prendre." C'est pourquoi le Dr Hobson s'empresse d'ajouter: "Ce pompage pourrait entrer en jeu par inadvertance dans n'importe quel système ayant des gradients de température et des surfaces différentes." □

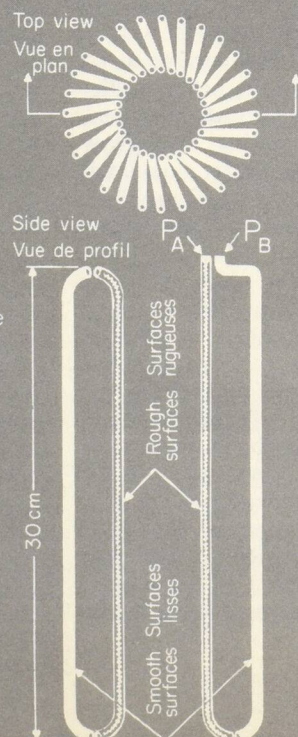
On a étudié le fonctionnement des pompes à 1(a), 3 et 28(b) étages avec divers gaz inertes. D'après les résultats, le pompage augmente avec le nombre des étages (combinaisons de tubes, en série) mais sa vitesse diminue.

Pumps of 1(a), 3 and 28(b) rough-smooth combinations were studied with various inert gases. Results showed that, without exception, the pumping increased with the number of rough-smooth stages although the process was thereby slowed down.

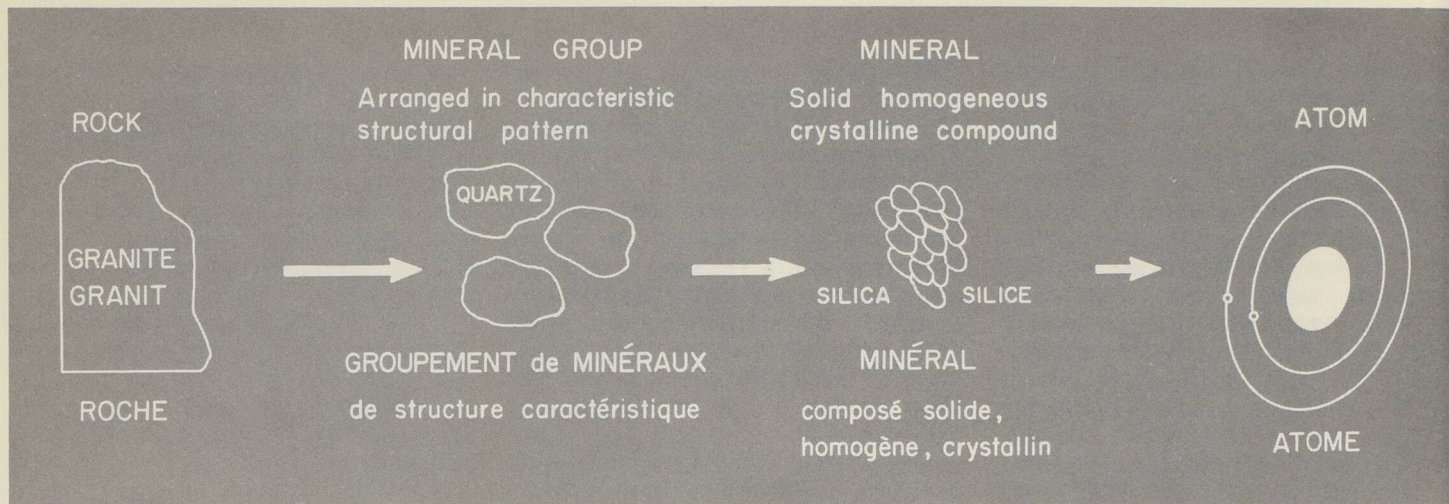
(a) Single Stage
Pompe à un étage



(b) 28 Stage
Pompe à 28 étages



Cyclic AMP, key agent in cell reproduction, is a Midwife in birth of DNA



Right down to the atom, the makeup of inanimate matter bears a striking resemblance to the general composition of plants and animals (see diagrams above). In fact, even a living cell is a biological atom — the smallest unit of living matter. Although composed of long, complex chains of atoms, a living cell differs significantly from the agglomerations of atoms which make up inanimate objects. The cell eats, grows and multiplies, in a word, it is alive.

When the mottled piece of cork was brought into clear focus under his microscope the English physicist, Robert Hooke, had reveries of long lines of cowed monks shuffling into row upon row of barren cells. What better name then for the innumerable small cavities which had appeared, pockmarking the cork? That was in 1665. A half-dozen years later, two scientists exultantly announced they had found "cells" in living plants. So prominent were the cell walls in the first plant tissues examined under their microscopes that they believed the units to be merely small, empty compartments. Later when it was discovered that these units were actually bits of living substance, and that the enclosing wall was but one cell component (and indeed is lacking in certain cells), the name "cell" was retained and has come to describe the smallest unit of living matter.

The cell is a biological atom. Just as a block of granite can be analysed into feldspar, quartz and mica, into alumino-silicates and finally into atoms of potassium, aluminum, silicon and oxygen, a complex living organism such as the human body can be broken up into separate organs such as brain, stomach, then into tissues (biologically homogeneous materials) and finally into the "biological atoms" called cells, the lowest level at which life, self-sustained and self-reproducible, exists.

Some organisms consist solely of a single cell and are clearly visible through a good microscope (amoeba, some fungi and types of bacteria); some like the human body are made up of several hundred thousand billion separate cells, measured in thousands of a millimeter across (the human egg cell, largest cell produced in the body is only $\frac{1}{3}$ as voluminous as the amoeba). But no matter what the organism, the living cells in it are all fundamentally distinguished by their ability to assimilate materials from the environment, to convert them into products to promote growth and to split into two cells, each similar to the parent and each capable of growth.

Although the first two of these basic cellular properties, eating and growing, have been extensively elucidated, the last property, that of cell proliferation, is more complex and has been a fundamental problem of biology for well over a century: how do cells divide and what initiates this division? An answer to this problem, in addition to clarifying basic concepts of cell structure and cell function, would shed light on the control of cell proliferation and aid in research on cancer and radiation sickness. Currently, at the National Research Council of Canada, a research team headed by Dr. J. F. Whitfield of the Radiation Physiology Section of the Division of Biology is working on an answer to this funda-

mental problem.

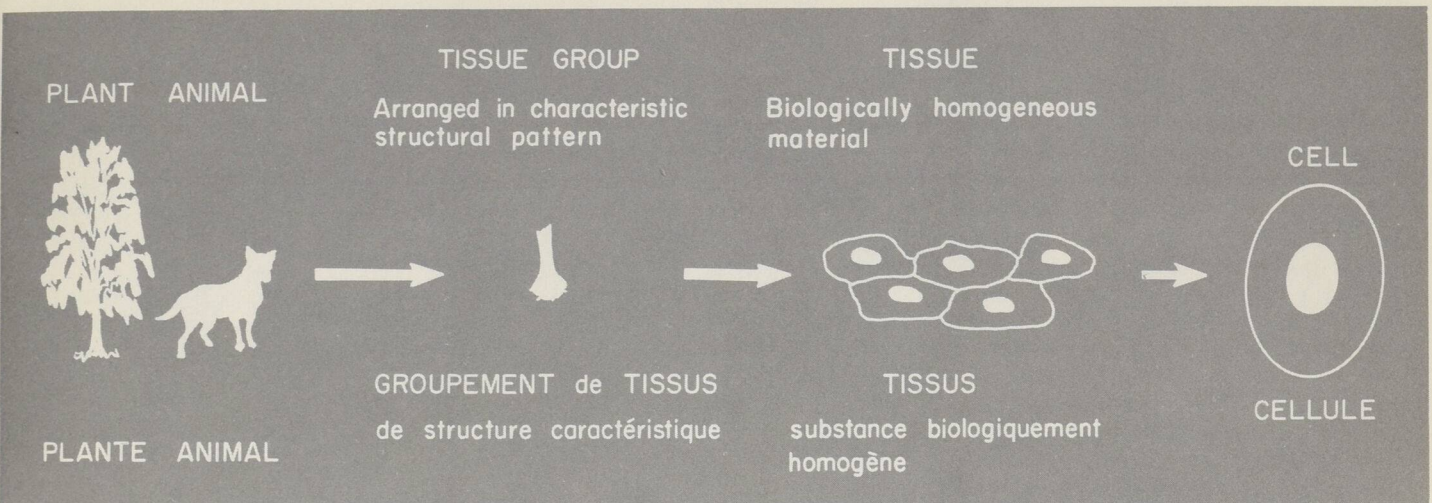
Dr. Whitfield and his colleagues are studying a cell called a "lymphocyte" which is able to sense its environment. These cells of lymphoid tissue are in general "border-guard cells" since they detect, and implement the destruction of foreign material, transplanted hearts and bacteria, for example. During infection, the lymph glands in the neck noticeably increase in size as these cells go into massive combat. Constantly on emergency alert, lymphoid cells are aided in performing their vital tasks by having the ability to reproduce very rapidly — they are the fastest-dividing mammalian cells known, with a cell cycle time of five to eight hours. In fact, production of these cells at the rate of two million per hour has been observed in a dog. In view of the sensitivity of the genetic machinery, it is not surprising that these cells are among the first damaged by radiation.

In their quest for the agent which stimulates proliferation of lymphoid cells, Dr. Whitfield and his team have tracked suspects ranging from electronically charged single atoms (ions) to complex hormones hundreds of atoms in size. The search began in the complex environment outside the cell. It moved to the cell wall and now the prime suspect has been traced to the very heart of the cell.

By the end of 1968, these scientists

Rôle de l'AMP-cyclique dans la cellule?

"Sage-femme" pour l'ADN



La cellule, c'est un atome biologique. Mais quoiqu'elle soit elle-même composée de longues chaînes d'atomes, la cellule est beaucoup plus qu'une simple agglomération d'atomes, car elle se nourrit, se développe et se reproduit, bref, elle vit. Voilà ce qui est à la base de la distinction entre les règnes animal et végétal et le règne minéral (voir schémas ci-haut).

En regardant sous le microscope une tranche de liège, le physicien anglais Robert Hooke vit une infinité de petites cavités qui lui firent penser à des cellules de moines. Il appela donc ces cavités "cellules" et ce mot est entré dans la langue courante peu après. C'était en 1665. Six ans plus tard on trouvera des "cellules" dans des plantes vivantes. Puisqu'à l'époque, ce qui était surtout visible, c'était les parois cellulaires, on pensa que les "cellules" étaient de petits compartiments vides. Aujourd'hui, on le sait très bien, la paroi cellulaire n'est qu'une des parties constitutives de la cellule (voire, absente dans certains cas). En outre, loin de ne rien contenir, la cellule est une véritable particule de matière vivante. Toutefois, malgré les errements bien intentionnés des pionniers scientifiques, on garde toujours le mot "cellule".

Le mot "cellule", que signifie-t-il de nos jours? La cellule, c'est un atome biologique. Dans le règne minéral on peut décomposer le bloc de granit en feldspath, quartz et mica, de là, en aluminosilicates et enfin en atomes d'aluminium, de potassium, d'oxygène et de silicium. Il en va de même dans le règne animal. Un organisme vivant, tel que le corps humain se compose d'organes (cerveau, coeur), et lorsque l'oeil cède la place au microscope, de substances biologiquement homogènes (tissus) et, enfin, d'atomes biologiques

dénommés "cellules". La cellule représente le niveau le plus élémentaire de la vie qui est indépendante et capable de se reproduire. Il existe certes de simples organismes monocellulaires, visibles au microscope (amibes, certains champignons et bactéries). Mais notre corps comprend bien plus de cent mille milliards de cellules dont la cellule-oeuf, la plus grande du corps, n'a qu'un tiers du volume de l'amibe. Enfin, quel que soit l'organisme, ses cellules vivantes ont trois propriétés en commun: l'alimentation, la croissance et la reproduction.

Bien qu'on ait déjà étudié de près le processus de l'alimentation et de la croissance des cellules, en ce qui concerne la troisième propriété, il reste encore à trouver la réponse à une question d'importance fondamentale qui remonte à plus d'un siècle: comment s'effectue la division des cellules, et quel en est l'agent initiateur? Au Conseil national de recherches du Canada une équipe sous la direction du Dr J. Whitfield de la Section de radiophysologie, Division de Biologie, est aux prises avec ce même problème.

Certaines cellules de tissus lymphoïde, sensibles aux influences ambiantes font l'objet de ces recherches. En général ces cellules détectent et aident à détruire des corps étrangers tels que des bactéries. Lorsqu'il y a infection, elles entrent en lice, et les glandes lymphatiques du cou, par

exemple, s'élargissent et se durcissent. Inlassablement sur le qui vive, les cellules lymphoïdes ont un atout pour l'accomplissement de leurs tâches essentielles à la vie — elles se multiplient plus rapidement que toutes les autres cellules des mammifères — leur vie ne dure que de 5 à 8 heures. On a observé la production de ces cellules à raison de deux millions par heure chez un chien. Etant donnée la sensibilité des processus génétiques, on ne s'étonnera pas que ces cellules soient les premières à être atteintes par des doses excessives de radiation.

A la recherche de l'agent qui stimule la division cellulaire dans les cellules lymphoïdes, le Dr Whitfield et ses collègues ont suivi les traces des agents suspects (allant des ions monoatomiques aux hormones composées de centaines d'atomes) du milieu extracellulaire à travers la paroi et enfin jusqu'au coeur même de la cellule.

Vers la fin de 1968, les chercheurs du Conseil sont parvenus à dépister deux catégories de substances à même de faire doubler la reproduction des cellules lymphoïdes (et aussi de la moelle des os).

Primo, il y a certaines hormones, ayant toutes la capacité de régler la croissance et l'activité des tissus et organes: l'oxytocine, la vasopressine, la prolactine et les hormones qui favo-

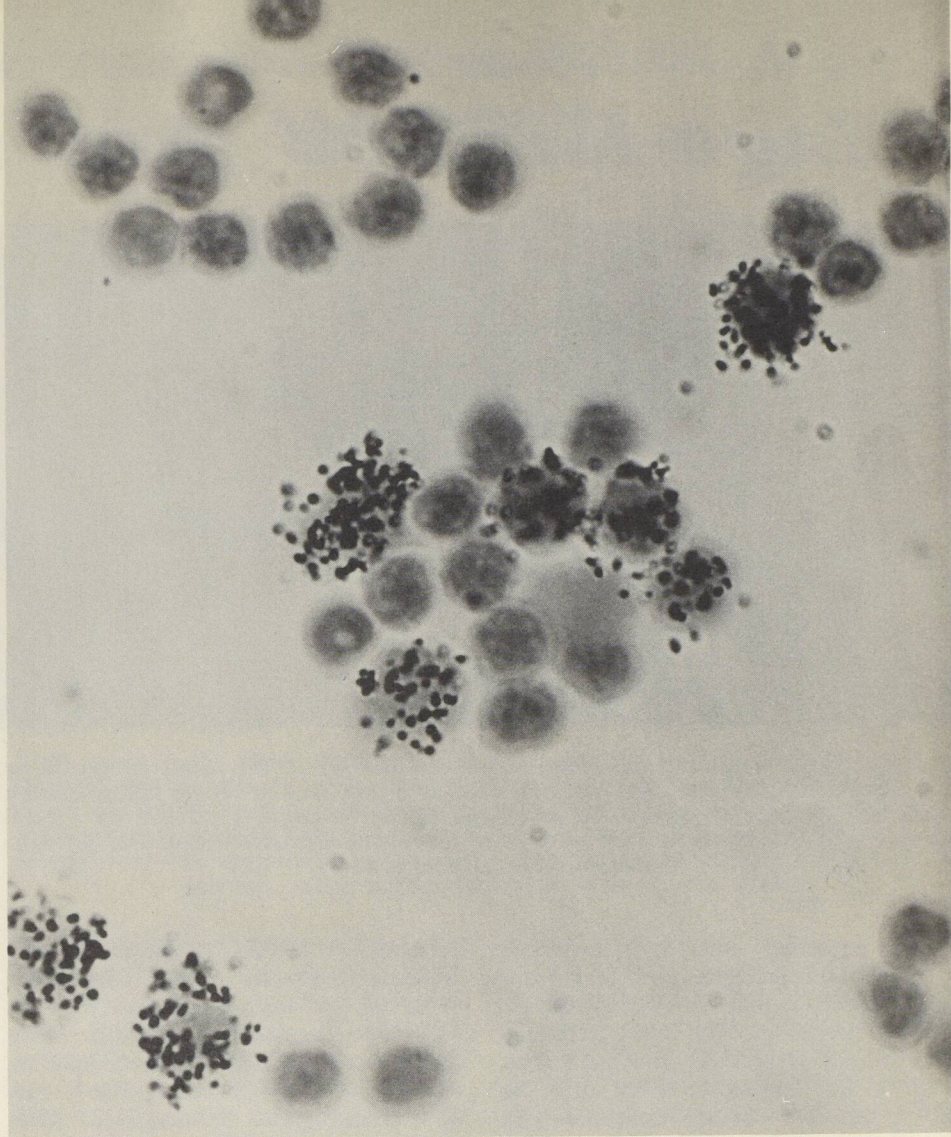
cyclic - AMP

had shown that two classes of substances could contribute to doubling the reproduction of lymphoid cells (and, as well, of bone marrow). The first comprised a variety of hormones, already known to regulate the growth and activity of tissues and organs. Growth hormone, oxytocin, vasopressin and prolactin came under this category. In fact, it was also shown that removal of the parathyroid hormone in a rat dropped the cell proliferation in the bone marrow and the thymus, a seat of lymphoid cells. When this same hormone was subsequently injected into the parathyroidless animal, cell production resumed at a much faster rate in bone marrow. From these results, a new, entirely unexpected and exceedingly important concept in mammalian physiology is emerging: the parathyroid hormone, universally considered to be used only to maintain normal calcium levels in blood, is also a principal regulator of cell proliferation in at least two major tissues of the body.

The second class of stimulants was discovered when, from hormones outside the cell, the research team focussed its attention on the cell wall and in particular on positively charged atoms of calcium and magnesium. On one hand, calcium was necessary for cell proliferation of lymphoid cells — the five hormones were powerless to stimulate cell reproduction in a calcium-free medium. On the other, it was found that both calcium and magnesium were themselves able to promote the increase of thymus cells. To cap these results, the evidence suggests that the various hormones previously mentioned as stimulating the initiation of cell reproduction all act in the same way, namely by assisting in bringing calcium into play.

In early 1969, however, studies on this class of mediating substances led to an impasse when it was found that calcium (and magnesium) ions increased cell proliferation in the thymus by stimulating the cells to make deoxyribonucleic acid (DNA) thus breaking down the last barrier to cell reproduction. But how this was accomplished was an enigma: calcium is not known to be involved in any phase of DNA synthesis!

The hormones and divalent cations



Planted transmitters to spy on the cell. Radioautograph catches cyclic AMP in the act of triggering DNA synthesis in thymus cells (magnification: 2500 times). Dotted bursts are "beeps" of radioactive emissions from the cell.

Des "émetteurs" installés dans la cellule permettent de prendre l'AMP-cyclique sur le fait de déclencher la synthèse de l'ADN. Les points sur l'autoradiographie ci-dessus sont des "bips" d'émissions radioactives provenant de la cellule (grossissement: 2500).

(atoms bearing two positive charges) must, Dr. Whitfield concluded, govern the formation of another substance located inside the cell, which gives the signal for DNA synthesis to proceed. What was this other substance, which may be the key to the control and regulation of cell proliferation?

The research group suspected it was a compound called adenosine 3'5'-monophosphate (cyclic AMP), which should act directly within the cell to increase proliferation. It was shown that the actions of growth hormone, parathyroid hormone, vasopressin and calcium are due to cyclic AMP and its subsequent activity. Moreover cyclic AMP at low concentrations was itself capable of doubling cell reproduction.

Evidence for this conclusion was

ingeniously gathered. After cyclic AMP was introduced into the system, a substance called colchicine was used to stop the cell-splitting process at a distinctive intermediate stage (the metaphase) and thus permitted a much easier and more accurate enumeration of those cells undergoing proliferation as seen under the microscope.

That cyclic AMP triggers DNA synthesis in the cell and is the go-between for calcium and DNA was demonstrated by means of radioautographs. Cells suspended in a solution containing a radioactively labelled DNA constituent were exposed to cyclic AMP. After definite time periods, the cells were fixed, removed, washed and mounted on glass slides.

L'AMP-cyclique . . .

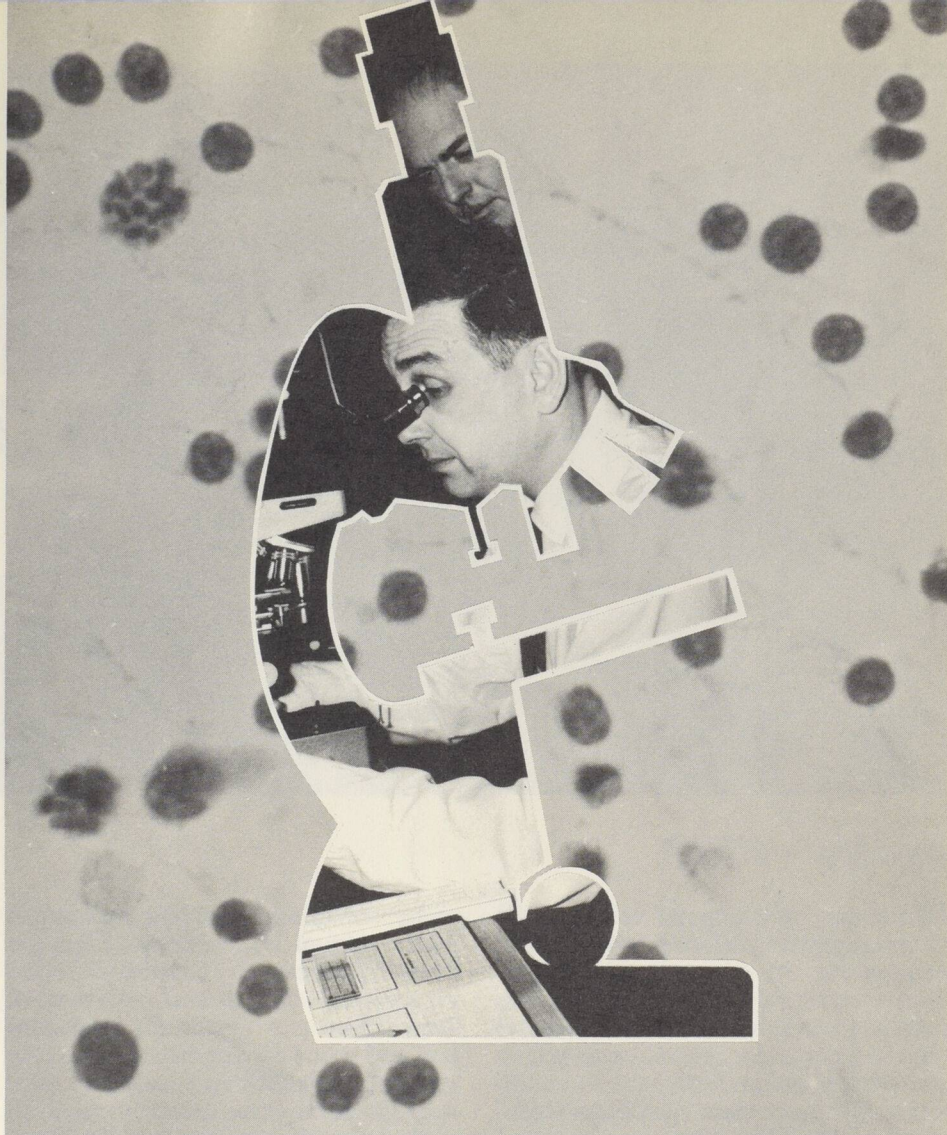
risent la croissance. De fait, en enlevant à un rat l'hormone parathyroïdienne, on a pu diminuer le taux de la division cellulaire et dans la moelle et dans le thymus, sources des cellules lymphoïdes. Cette hormone étant par la suite injectée dans l'animal privé de parathyroïde, la division cellulaire a repris beaucoup plus rapidement dans la moelle. Il découle donc de ces résultats un principe tout à fait inattendu et d'importance primordiale pour la physiologie des mammifères: l'hormone parathyroïdienne, jusqu'ici reléguée à un seul rôle, celui de régler le niveau de calcium dans le sang, est également un des agents principaux réglant la multiplication cellulaire dans au moins deux des tissus importants de l'organisme.

Secundo, à proximité de la paroi cellulaire, il y a des atomes de calcium et de magnésium portant chacun deux charges positives (ions). D'un côté, la prolifération des cellules lymphoïdes exige la présence des ions du calcium; en effet, les cinq hormones se montrent impuissantes à stimuler la division cellulaire en l'absence de calcium. De l'autre, le calcium et le magnésium sont eux-mêmes capables d'encourager la multiplication des cellules du thymus. Pour couronner ces découvertes, il semble bien que toutes les cinq hormones qui stimulent la division cellulaire le font de la même façon, à savoir chacune d'entre elles aide à faire entrer en jeu le calcium.

Mais de là, chemin sans issue! Au début de 1969, l'équipe a constaté que le calcium (et le magnésium) encourage la division cellulaire dans le thymus en y stimulant la synthèse de l'acide désoxyribonucléique (ADN). Et pourtant, le calcium n'est nullement impliqué dans la synthèse de l'ADN!

Le Dr Whitfield a donc conclu que ces hormones et les ions régissent la formation d'une autre substance, située dans la cellule même et qui déclenche la synthèse de l'ADN. Quelle est cette substance, peut-être bien l'agent qui règle et contrôle la division cellulaire?

D'après l'équipe du Dr Whitfield, c'est l'adénosine 3'5' - monophosphate, "AMP-cyclique". Effectivement les hormones parathyroïdiennes et celles de croissance, la vasopressine, et le calcium n'agissent que par l'intermédiaire de cette substance. En outre, l'AMP-



Le Dr J. F. Whitfield et le Dr R. H. Rixon se servent d'un microscope à grand pouvoir séparateur pour étudier l'AMP-cyclique. En faisant arrêter la prolifération à un stade intermédiaire par la colchicine, ils ont pu démontrer que l'AMP-cyclique à faible concentration peut doubler le taux de la reproduction des cellules. En haut, dans les grandes cellules tachetées, la reproduction est arrêtée à la métaphase.

Dr. J. F. Whitfield and Dr. R. H. Rixon use high-resolution microscope in cyclic AMP research. By arresting cell proliferation at an intermediate stage with the chemical colchicine they helped to prove that low concentrations of cyclic AMP could double cell reproduction. Above, in the larger spotted cells, reproduction has been stopped.

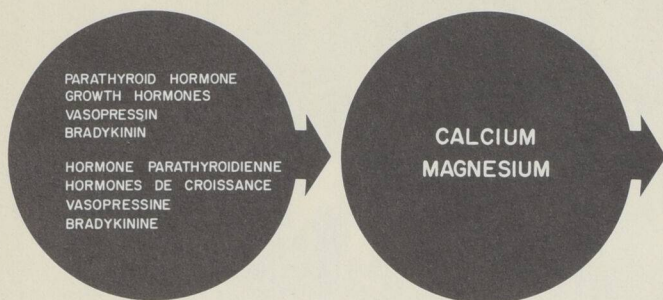
cyclique à faible concentration est elle-même capable de doubler le taux de la reproduction des cellules.

Ce dernier effet, on l'a montré de façon ingénieuse. En ajoutant un composé appelé colchicine après l'introduction de l'AMP-cyclique dans les cellules, on a pu arrêter la division cellulaire à un stade intermédiaire (la métaphase), ce qui facilitait et rendait plus précise l'énumération des cellules qui allaient se multiplier.

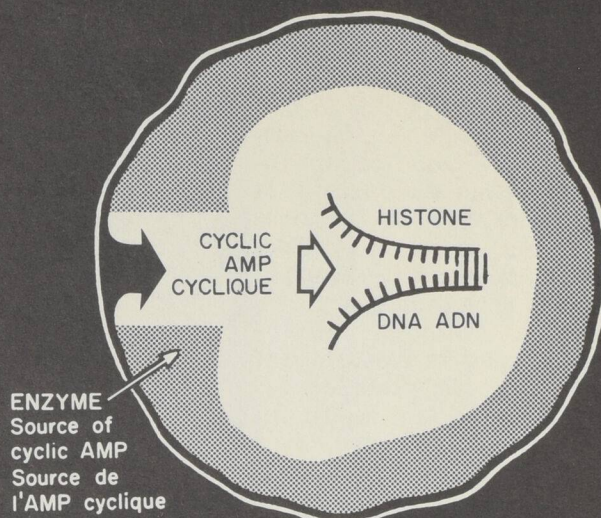
Comment prouver que l'AMP-cyclique déclenche la synthèse de l'ADN dans la cellule et que cette substance sert de liaison entre le calcium et l'ADN? C'est par l'autoradio-

→

What initiates cell division? NRC's Dr. J. F. Whitfield and his research team suspect that the agent is cyclic AMP, located in the heart of the cell, which acts by stimulating the liberation of DNA from its union with histones. When this occurs, the liberated molecules become accessible to the DNA-synthetic machinery and DNA synthesis is initiated.



L'agent initiateur de la division cellulaire serait, de l'avis du Dr Whitfield et de son équipe, l'AMP-cyclique située au coeur même de la cellule. Cette substance rompt l'union entre les histones et l'ADN. Une fois libérée, celle-ci peut servir de modèle pour la synthèse de l'ADN qui commence peu après.



cyclic - AMP

The slides were dipped in a special photographic emulsion which was then exposed to the labelled cells for 48 hours. After developing, the film was fixed and dried and the cells under the emulsion were stained with a special nuclear stain. Under these conditions, the proportion of DNA-synthesizing cells which had incorporated the radioactive DNA constituent was strongly increased by cyclic AMP. The image showed clearly the distribution of the radioactive component in the cells producing DNA. Therefore it could be said that cyclic AMP was caught red-handed in the act of stimulating the initiation of DNA synthesis.

To sum up, it appears from this research that thymus and bone marrow cells progress into DNA synthesis immediately prior to proliferation in a process strictly regulated by cyclic AMP. The formation of cyclic AMP is in turn governed by several hormones and by calcium ions in the extracellular environment. It seems that the cyclic AMP might act by triggering a reaction which unlocks part of the DNA molecule from the clutches of various simple proteins (histones) within the cell nucleus. The liberated molecule then becomes accessible to the DNA synthetic machinery sparking DNA synthesis.

From a cellular point of view, both cancer and radiation sickness are diseases resulting from disturbances of cell proliferation. At one end of the

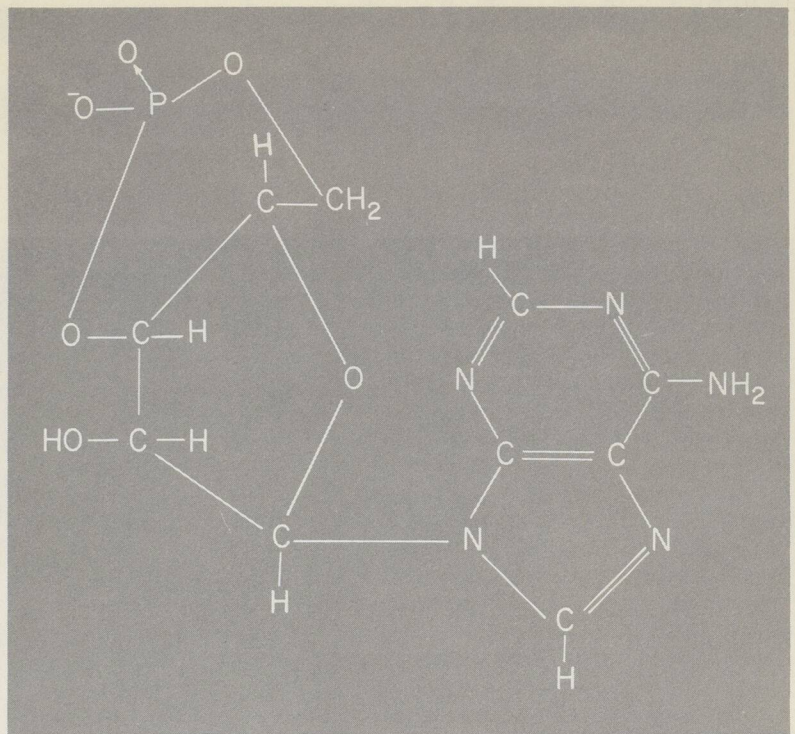
scale, cell multiplication in uncontrollable fashion is responsible for the former; at the other, harmful radiation induces cell death and an over-all decrease in cells — the diminution of red and white blood cells is an early symptom. Fruitful approaches to therapy for both these illnesses may be forthcoming from these new findings.

Scientists elsewhere have recently shown that cells of an induced tumour have lost their sensitivity to hormones and that the activity of their cyclic AMP forming system is four or five times higher than that in normal cells. In the light of this evidence and the new findings of Dr. Whitfield's team, if a lymphatic cell should undergo some change (e.g., in its membranes) through which the hormones lose control of cyclic AMP formation, then the barrier which prevents the progression of cells into DNA synthesis would be removed — and the cell could then eventually flow freely into DNA synthesis and eventually divide. Thus the cell and its progeny would multiply in an uncontrollable fashion and finally a tumour would form.

On the other side of the coin, cyclic AMP at very high levels, like ionizing radiations, causes a dissolution of the nuclear structure of thymus cells and thereby kills them. This change is due to a massive liberation of histones from their union with DNA and is simply a pathologically exaggerated version of the change which leads to stimulating

cell reproduction. If excessive cyclic AMP production is responsible for radiation-induced cell death in the thymus and bone marrow, a compound such as imidazole which breaks down cyclic AMP should reduce cell death and thereby prevent the death of the irradiated animal. This idea was first conceived by Dr. R. H. Rixon of NRC's Radiation Physiology Section and then confirmed experimentally by the combined efforts of Dr. Rixon and Dr. P. V. Vittorio of the Defence Research Board. The therapeutic action of imidazole may prove to be very important on the practical plane and very intensive efforts are now being made to develop this approach.

A mystery over a century old may also have been solved through these investigations. Why does a wound hurt, redden and heal? For the last 120 years scientists have tried to identify the substance promoting the healing of wounds — the "wound hormone". Dr. Whitfield and his co-workers have found that a substance made up of a chain of amino-acids which is known to be rapidly released in all injured tissues, is also able to stimulate lymphoid cell proliferation by a cyclic AMP mediated stimulation of DNA synthesis. Aside from helping to unmask the wound hormone, this substance, bradykinin, will be of considerable importance to understanding the mechanism of tissue repair following injury. □



L'AMP-cyclique . . .

graphie. Des cellules suspendues en solution contenant des précurseurs radioactifs de l'ADN ont été exposées à l'AMP-cyclique. A des intervalles déterminés, les cellules furent fixées, enlevées, lavées et enfin montées sur lamelles en verre. Ensuite on a trempé chaque lamelle dans une émulsion photographique spéciale, laquelle fut exposée pendant 48 heures aux cellules marquées. Après développement, la pellicule fut fixée, lavée et les cellules sous l'émulsion furent colorées pour mettre en relief les noyaux.

Dans ces conditions à cause de l'AMP-cyclique on a de beaucoup augmenté la fraction des cellules qui avaient incorporé le précurseur radioactif et qui synthétisaient alors l'ADN. Les empreintes sur le papier photographique montraient manifestement la répartition du précurseur radioactif dans ces cellules. On a donc pris l'AMP-cyclique sur le fait de stimuler l'initiation de la synthèse de l'ADN.

En conclusion, voici un résumé des résultats: chez les cellules du thymus et de la moelle des os, la division cellulaire est immédiatement précédée par la synthèse de l'ADN, processus régi par l'AMP-cyclique. A son tour, la formation de l'AMP-cyclique est régie par certaines hormones ainsi que par les ions de calcium dans le milieu extracellulaire. Quelle est l'action de l'AMP-cyclique par rapport à l'ADN? Voici l'hypothèse de l'équipe: l'AMP-cyclique aide à dégager des griffes te-

naces de certaines protéines basiques (histones) situées dans le noyau, une partie de la molécule de l'ADN.

Le cancer et la maladie due aux radiations résultent directement des désordres dans la prolifération des cellules. L'un est pourtant aux antipodes de l'autre. Le cancer provient d'une prolifération déchainée alors que l'autre maladie résulte de la mort des cellules, tuées par des excès de radiations nocives.

Or les résultats du Dr Whitfield peuvent ouvrir de nouveaux horizons pour le traitement thérapeutique des deux maladies. En effet, on l'a récemment démontré, dans une tumeur induite les cellules ne réagissent plus contre la présence d'hormones. En plus, le système qui forme l'AMP-cyclique y est quatre fois plus actif que dans la cellule normale. Cette observation et les nouveaux résultats du Dr Whitfield laisse présumer l'hypothèse suivante: si une cellule lymphatique se modifie en sorte que les hormones ne règlent plus la formation de l'AMP-cyclique, alors rien n'empêche plus la synthèse éventuelle de l'ADN. Par conséquent la division cellulaire se déchaînerait sans obstacle pour aboutir à la formation d'une tumeur.

Par contre, tout comme les radiations ionisantes, l'AMP-cyclique à haute concentration tue les cellules du thymus en détruisant le noyau. Ceci résulte effectivement du même processus qui stimule la division cellulaire

(les histones se dégagent de l'ADN sous l'influence de l'AMP-cyclique) — mais qui se déroule à un rythme exagéré. Donc, autre hypothèse: si la radioactivité donne la mort aux cellules du thymus et de la moelle en provoquant la production excessive de l'AMP-cyclique, alors des substances qui décomposent l'AMP-cyclique, telles que l'imidazole, devraient réduire la mortalité des cellules et, par conséquent, de l'organisme. Cette idée, du Dr R. H. Rixon, vient d'être confirmée au laboratoire par celui-ci et par le Dr P. V. Vittorio, du Conseil de recherches pour la défense. Sur le plan pratique, l'imidazole peut s'avérer très importante. Actuellement, on s'empresse d'en élaborer l'action thérapeutique.

Ces recherches ont également permis de répondre à une question qui date de 1850 au moins. Depuis lors, on se demandait quel est l'agent (plus exactement l'hormone) qui aide à guérir la plaie des blessures alors qu'elle rougit et est douloureuse. Le Dr Whitfield et ses collaborateurs ont trouvé qu'une substance, composée de chaînes d'acides aminés, et reconnue comme libérée rapidement dans chaque tissu blessé peut également stimuler la division des cellules lymphoïdes par l'intermédiaire de l'AMP-cyclique. C'est la bradykinine. Cette substance nous dira beaucoup sur le mécanisme de la remise en état des tissus blessés.

NRC chemists develop new tool for Identification of plants



Michael Granat prélève une petite branche de cyprès jaune dans la serre du LRP pour trouver, avec le Dr von Rudloff, à quelle époque de l'année la composition des essences reste constante.

Analyses of conifers growing in the PRL greenhouse enabled Dr. Ernst von Rudloff to determine the dormant period during which composition of volatile leaf oils remains constant. Here Michael Granat snips off a twig of yellow cedar for analysis.

"That which we call a rose by any other name would smell as sweet," said the poet.

"That may be fine for you," said the scientist, "but for my business we'll have to do better than that."

And so about 200 years ago scientists began systematically naming plants by families, species and varieties according to related physical characteristics or morphology. The idea was basically sound but the task was formidable.

For two centuries specialists depended upon myriads of painstakingly astute observations and agreement among themselves to establish internationally recognized names for plants. Biologists, biochemists, horticulturalists and amateur gardeners all benefit from this monumental accomplishment without contributing any more effort than looking up the desired name in a published reference. Finally, in the 1960's some promise of assistance was offered to lighten the load of plant taxonomists.

Today 350,000 plants are classified by botanists who specialize in morphological identification. The majority of taxonomical assignments are clear-cut but enough areas of uncertainty remain to warrant a helping hand. The first real advance since the well-trained eye is in the form of independent chemical analysis. It is called chemotaxonomy or the chemosystematic study of plants, and the National Research Council of Canada is helping to pioneer the new approach.

Dr. Ernst von Rudloff, an organic chemist at the Prairie Regional Laboratory in Saskatoon, has spent much of the last decade helping to develop this new method of analysis. He explains that chemotaxonomy is the study of characteristic chemical compounds in plants with an effort being made to correlate plant species by the type of compounds they accumulate. It is based on the assumption that plant constituents are just as much subject to genetic control as are the morphological characters. In other words, phys-

ically related plants may produce related patterns of chemical compounds. Analyses of these compounds should strengthen long-standing taxonomical classifications and may clarify cases in which morphological characters are too indistinct for classical taxonomists to make satisfactory identifications.

"An early pioneer of chemotaxonomy is Prof. H. Erdtman of the Royal Institute of Technology in Stockholm, Sweden," says Dr. von Rudloff whose own interest in the field was sparked by a visit to Prof. Erdtman's laboratory in 1958. "His studies of a qualitative nature on wood extractives during the 1950's permitted chemotaxonomic conclusions within genera or sub-genera. We have been able to complement his early work by providing some of the first attempts to arrive at quantitative data. This has led to a distinction between species of the same genus and in favorable cases allows conclusions within the same species or even within populations."

Apart from the academic value of such an approach, strong practical overtones are beginning to manifest themselves.

NRC's contribution in the new field has concentrated on terpenes, a group of chemical compounds which accumulate as volatile oils in a wide variety of plants. Eucalyptus, camphor and mint oils as well as turpentines are well-known mixtures of plant terpenes. The evergreens or conifers produce such oils and Dr. von Rudloff's quantitative work on the chemotaxonomy of Canadian conifers has provided a glimpse of how valuable this new tool may prove to be.

The volatile oils are analyzed by a gas chromatograph. This highly sensitive analytical instrument separates the different components of the oil and registers them in sequence as peaks on a recorder chart. The peak areas are proportional to the amount of individual components. This is no simple analysis, however, as the volatile oil from one tree may contain up to 100 different components, some in

→

Nouvelle méthode chimique pour L'identification des plantes

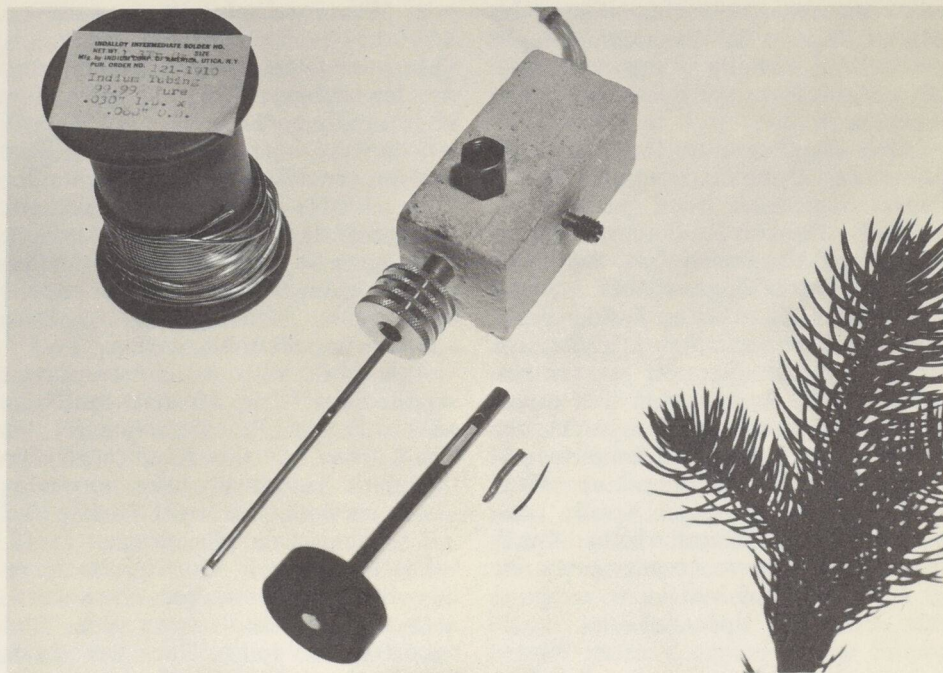
“Si j'étais poète je pourrais changer le nom de la rose sans changer son parfum”, dit le savant, “mais ma condition m'oblige à faire mieux”.

Et c'est pourquoi il y a environ 200 ans les scientifiques ont commencé à classier systématiquement les végétaux par familles, espèces et variétés. L'idée était bonne mais la tâche considérable.

Malgré tout, après deux siècles de travail, les spécialistes ont fini par mettre au point une liste internationale tenant compte de milliers d'observations minutieuses faites à grand peine. Les biologistes, les biochimistes et les jardiniers amateurs profitent tous de ce travail considérable et n'ont plus qu'à tourner les pages d'un catalogue pour trouver ce qu'ils cherchent. Finalement, au cours des années soixante, on a voulu aider les taxonomistes.

De nos jours, 350 000 plantes sont classifiées par des botanistes morphologistes. La majorité des travaux taxonomiques sont bien définis mais il reste assez de domaines où l'incertitude des connaissances justifie d'une aide. Le premier progrès réel consiste à avoir remplacé l'observation visuelle par l'analyse chimique appelée chimiotauxonomie, ou étude systématique de la composition chimique des plantes, domaine dans lequel le Conseil national de recherches du Canada fait aussi oeuvre de pionnier.

Le Dr Ernst von Rudloff, chimiste au Laboratoire régional des Prairies, à Saskatoon, a consacré la majeure partie de son temps au cours de la dernière décennie à mettre au point cette méthode d'analyse. Il nous apprend que la chimiotauxonomie consiste à étudier les caractéristiques chimiques des végétaux en vue d'établir un rapport entre les espèces végétales. Cette étude est basée sur la supposition qu'une parenté chimique doit correspondre à une parenté physique. L'analyse de ces composés devrait aussi confirmer les classifications taxonomiques bien connues et pourrait peut-être faciliter, par les taxonomistes classiques, l'identification des plantes dont les ca-



Appareil d'analyse des essences tirées d'une seule aiguille de conifère. Un tube d'indium contenant l'aiguille est placé dans un réceptacle qui est introduit dans un four où le tube d'indium fond et libère les essences à analyser par le chromatographe à gaz.

Apparatus used for analysis of volatile oils in a single spruce or fir needle. The needle is encapsulated in indium tubing and placed in a boat-shaped cavity of a plunger which is then inserted into a heated injector block. The indium tubing melts and the volatile leaf oils are liberated for assay by the gas chromatograph.

ractéristiques morphologiques sont peu différentes.

“Le professeur H. Erdtman, de l'Institut royal de technologie de Stockholm, est un des pionniers de la chimiotauxonomie”, nous a précisé le Dr von Rudloff qui a commencé à s'y intéresser après avoir visité le laboratoire de ce professeur suédois en 1958. Il a ajouté: “Ses études chimiotauxonomiques qualitatives sur des extraits de bois, après 1950, ont permis d'aboutir à des conclusions dans les espèces et sous-espèces. Depuis lors, nous sommes parvenus à compléter ces travaux en y ajoutant des moyens conduisant à des conclusions quantitatives, à faire des distinctions à l'intérieur d'un groupe et, dans les cas favorables, à l'intérieur de populations”.

Mise à part la valeur théorique de la méthode, ses aspects pratiques commencent à devenir de plus en plus évidents.

La contribution du CNRC a été axée sur les terpènes, composés chimiques s'accumulant sous forme d'es-

sences volatiles dans une grande variété de végétaux. Les essences d'eucalyptus, de camphre, de menthe et de térébenthine sont des mélanges bien connus de terpènes. Les plantes vivaces ou les conifères produisent cette sorte d'essence et le travail quantitatif du Dr von Rudloff sur la chimiotauxonomie des conifères canadiens a mis en relief l'intérêt de cette nouvelle méthode.

Les essences volatiles sont analysées à l'aide d'un chromatographe à gaz. Cet instrument ultra-sensible donne un enregistrement graphique des différents produits composant les essences. Cette analyse n'est cependant pas simple car l'essence volatile d'un arbre peut être composée de 100 produits différents dont certains à l'état de traces. C'est à ce stade que le spécialiste en chimie organique habitué à l'analyse peut aider le taxonomiste classique.

Après cinq années d'études d'avant-garde sur la chimiotauxonomie des conifères de l'Amérique du Nord par la

→

identification of plants

trace amounts. Here is where the organic chemist aids the classical taxonomist by his ability to separate, identify and measure the quantity of each component.

After spending more than five years pioneering chemotaxonomy of North American conifers using gas chromatography, Dr. von Rudloff was invited to present his findings at the 1966 International Congress of Natural Products in Stockholm, Sweden. He reported that qualitative differences in terpene content appeared to exist between conifer families and that quantitative differences were apparent between species. Different families contained different terpene mixtures while species within the same family contained similar mixtures which differed from one species to another primarily in the amount of individual components. It thus appeared that each conifer species might have a characteristic chemical fingerprint and thus a basis was laid to put chemotaxonomy to the test.

The test came when Dr. von Rudloff analyzed terpene patterns in white spruce, black spruce and Rosendahl spruce, a recognized hybrid of the first

Michael Granat collects volatile leaf oils using a special steam distillation apparatus which permits quantitative recovery of oil from less than 10 grams to more than one kilogram of plant material.

two. When two species cross to breed a hybrid one would expect the hybrid's fingerprint to show a pattern reflecting the fingerprints of both parents but intermediate between the two. Expectations were confirmed.

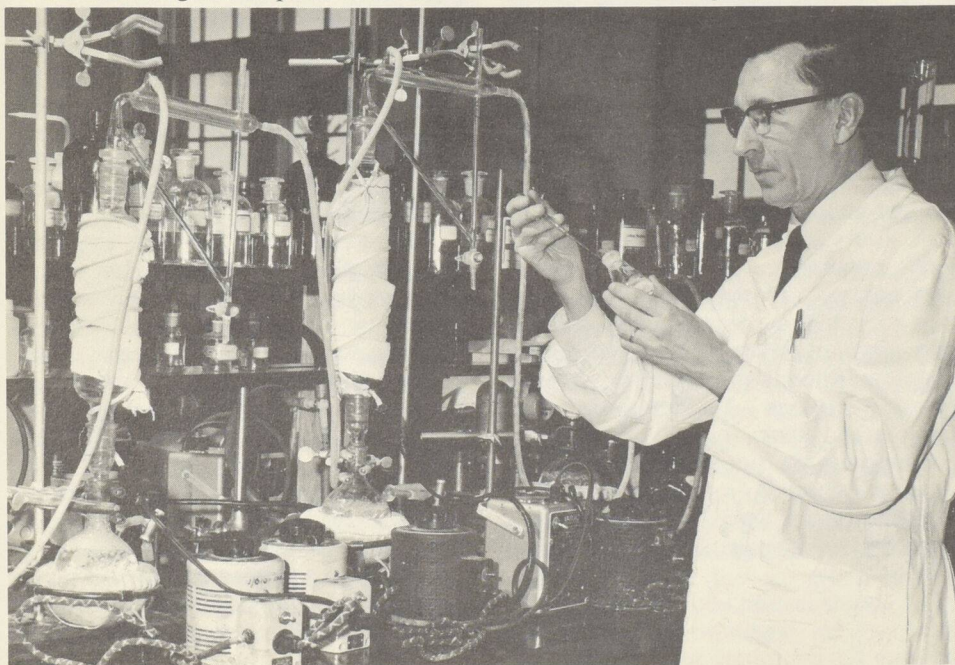
However, Dr. von Rudloff cautions: "The chemist would be lost without the guidance of a botanist. As Prof. Erdtman wisely advised, the new information a chemist may arrive at will only become meaningful if based on a sound botanical foundation."

The work with Rosendahl spruce supplied by Dr. M. Holst of the Petawawa Forest Research Station at Chalk River met this qualification, for the hybrid had already been morphologically well defined by botanists.

Citing an example of what could befall the chemist who departs from this basic guideline for chemotaxonomy, Dr. von Rudloff explains: "The sesquiterpene longifolene has been found to be a characteristic wood component of certain conifers, but it has recently also been found in a liverwort. Beware the chemist who states that this liverwort is therefore closely related to these conifers!"

So, working with the co-operation

Michael Granat recueille les essences émanant d'un distillateur spécial et permettant de les mesurer en partant d'échantillons de 10 à 1 000 grammes de végétal.



of trained botanists, Dr. von Rudloff pressed on to the next stepping stone through a joint project with a group at the University of Texas in Austin. The Texas group had extended an invitation of co-operation after hearing Dr. von Rudloff's report in Stockholm in 1966 and the Canadian chemist willingly accepted the interest of a botanist, a taxonomist and an electrical engineer. (The engineer spent nine months devising a computer program to determine significant variations in terpene fingerprints while eliminating spurious results from data compiled from hundreds of chemical analyses.)

The Texas group sent him samples of local juniper and requested a chemotaxonomic analysis of the volatile oils. Each sample was coded so Dr. von Rudloff knew nothing about it except a number. His results showed two distinct fingerprints or terpene patterns indicating two separate species among the samples with no sign of hybridization in any samples. Unknown to him, classical taxonomy had attributed cross breeding between two species in question and hybridization of most trees was suspected. Because of Dr. von Rudloff's findings, Professor B. L. Turner, a well-known botanist (systematist) at the University of Texas, made a thorough morphological examination of each sample and uncovered an error in taxonomic classification. The variation in shape previously considered significant among junipers near Austin was due to environment rather than genetic cross breeding of two species. Chemotaxonomy helped correct the error. It also opened the door to a quantitative study on different populations of these juniper species. →

L'identification des plantes . . .

Citant un exemple de ce qui pourrait arriver à un chimiste qui oublierait ces règles fondamentales en chimiotaxonomie, le Dr von Rudloff explique: "On a trouvé que le sesquiterpène longifolène propre au bois de certains conifères a également été décelé dans une hépatique trilobée. En conséquence, méfiez-vous donc du chimiste qui vous dirait que cette hépatique trilobée est étroitement apparentée à ces conifères!"

Le Dr von Rudloff est passé à l'étape suivante de cette collaboration avec des botanistes qualifiés, en acceptant l'invitation de chercheurs de l'Université du Texas, à Austin, qui avaient écouté son exposé à Stockholm en 1966. Ce groupe de chercheurs comprenait un botaniste, un taxonomiste et un ingénieur électrique qui a travaillé pendant neuf mois à la mise au point d'un programme permettant à un ordinateur de déterminer les variations importantes des caractéristiques des terpènes et d'éliminer les erreurs introduites par des centaines d'analyses chimiques.

Les chercheurs texans lui ont envoyé des échantillons de genévriers locaux et lui ont demandé de faire une analyse

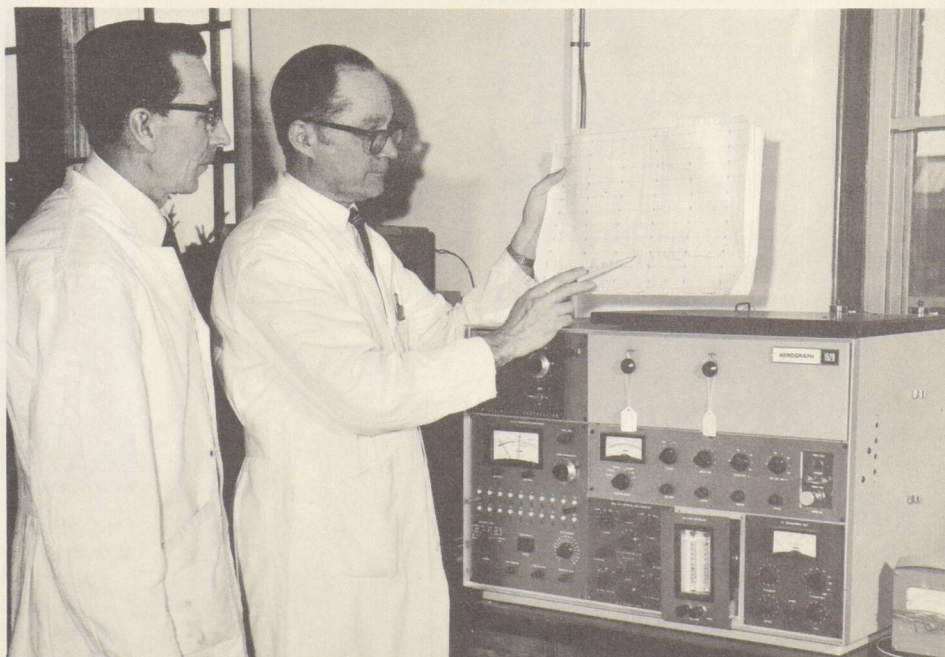
chimiotaxonomique des essences volatiles. Chaque échantillon était numéroté pour que le Dr von Rudloff ne puisse être influencé par les noms de ces genévriers. Les résultats obtenus ont fait apparaître deux types de terpènes mettant en évidence deux espèces parmi les échantillons sans la moindre trace d'hybridation. Remarquons que le Dr von Rudloff ne savait pas que la taxonomie classique avait mené à la conclusion que les deux espèces en question avaient été croisées et que l'on allait jusqu'à soupçonner une hybridation de la plupart des arbres. En raison de ces résultats, le professeur B. L. Turner, de l'Université du Texas, a procédé à un examen morphologique minutieux de chaque échantillon et il a découvert une erreur dans la classification taxonomique ce qui a conduit, grâce à la chimiotaxonomie, à la conclusion que les différences morphologiques étaient dues à l'environnement plutôt qu'à un croisement.

La chimiotaxonomie pouvant permettre de déceler des caractéristiques cachées chez des arbres de la même famille, elle devrait rendre de très

→

Le Dr Ernst von Rudloff montre les pointes du chromatogramme qui mettent en relief la "personnalité" chimique de l'épicéa de Rosendahl.

Dr. Ernst von Rudloff points out significant peaks in the chemical "fingerprint" of Rosendahl spruce obtained by gas chromatographic analysis of volatile oils.



méthode de la chromatographie en phase gazeuse, le Dr von Rudloff a été invité à décrire ses travaux au Congrès international des produits naturels qui s'est tenu à Stockholm en 1966. Il a signalé qu'il semblait exister des différences qualitatives dans les terpènes provenant de différentes familles de conifères et que l'on a trouvé également des différences quantitatives entre espèces. L'idée est donc née que chaque espèce de conifères pourrait avoir des caractéristiques chimiques particulières et c'est ce qui a permis de mettre la chimiotaxonomie à l'épreuve.

L'occasion en a été donnée lorsque le Dr von Rudloff a analysé les terpènes de l'épicéa blanc (épinette au Canada), de l'épicéa noir et de l'épicéa de Rosendahl qui est un hybride reconnu des deux premiers. Lorsque l'on croise deux espèces pour avoir un hybride, on s'attend à retrouver plus ou moins chez l'hybride les caractéristiques des deux parents et c'est ce que l'on a observé. La chimiotaxonomie confirmait ainsi les travaux des taxonomistes classiques.

Cependant, le Dr von Rudloff nous met en garde: "Le chimiste serait perdu si le botaniste ne venait à son secours. Ainsi que le professeur Erdtman le faisait judicieusement remarquer, les nouveaux éléments d'information que les chimistes pourraient recueillir n'auront de sens que s'ils reposent sur des bases botaniques saines."

C'était bien le cas pour l'épicéa de Rosendahl, fournis par le Dr M. Holst du Centre de recherches forestières de Petawawa, à Chalk River, morphologiquement bien défini par les botanistes.

identification of plants

This ability of chemotaxonomy to detect hidden chemical fingerprints of related trees may prove of great value to forestry. Dr. von Rudloff has analyzed terpene oils from spruce and pine in western Canada and has detected significant variations among certain species.

Again he emphasizes, "I have heeded Prof. Erdtman's early warning and was fortunate in obtaining the help of botanists with an extensive knowledge of conifer taxonomy. Thus all our work on the Engelmann spruce and its intraggression with white spruce in the mountains of Alberta and British Columbia was carried out in close cooperation with Prof. R. T. Ogilvie of the University of Calgary, who ensured that we worked with morphologically well-defined plant material."

"As a result of this work," he continues, "I feel that chemotaxonomy may help the lumber industry spot trees with desirable properties in areas where commercially unimportant trees also are growing." Additionally, it could reduce some of the uncertainty in reforestation programs by helping to select tree varieties most suited to grow well in specific locations.

Applied to tree breeding it could detect desired crosses in young seedlings, saving 10 to 20 years presently required before it is known whether breeding programs have promise of success.

Dr. von Rudloff and Gordon Sinclair of PRL's Fibrous Products Laboratory are now taking a look at jack pine in northern Saskatchewan where a large pulp mill is already in operation. The jack pine is considered undesirable for large use in pulping but Dr. von Rudloff and Mr. Sinclair suspect on the basis of chemotaxonomy that as yet undetected variations may exist in local jack pine. A closer look may reveal varieties that could be better used commercially.

Chemotaxonomy has the great advantage of leaving growing trees intact while determining what properties they may possess by comparison of their fingerprints with those of known varieties. At most, only a few small branches are needed for individual assays and in some cases only one needle or piece of leaf. Dr. von Rudloff has developed a technique

which can determine the oil composition of a single conifer needle. Although not yet widely applicable due to inherent variations within individual branchlets of coniferous trees, the technique is valuable in certain instances. He also has devised a system for recovery of volatile oils on the site of growing trees in dense forests, thus eliminating any danger of changes in plant material during transport to the laboratory.

The work at the Prairie Regional Laboratory on the development of chemotaxonomy as an additional and independently quantitative tool for identification of plants has brought together organic chemists, botanists, taxonomists and electrical engineers through collaboration with groups working on related projects. Post-

doctorate fellows trained in the new approach at Saskatoon are pursuing further studies in Formosa and Japan. Industry also is beginning to show more than passing interest in chemotaxonomy. This expanding field has added new impetus to plant taxonomy and is stimulating further research in related areas.

Dr. B. M. Craig, Associate Director of the Prairie Regional Laboratory, says: "The gas chromatographic research on analysis of the complex mixtures in essential oils has laid a basis for chemotaxonomy to augment morphological classification, for population studies, and for the solution of some of the practical problems encountered in the industries associated with forestry." □



Dr. Ernst von Rudloff and Michael Granat collect conifer samples during the winter dormant period when leaf oil composition is constant.

Le Dr Ernst von Rudloff et Michael Granat prélèvent des échantillons de conifères en hiver, saison durant laquelle la composition des essences est constante.

L'identification des plantes . . .

précieux services à l'industrie forestière. Le Dr von Rudloff a analysé des essences de terpènes d'épicéa et de pin de l'Ouest du Canada et il y a décelé des variations importantes.

Il a souligné de nouveau: "J'ai suivi les premières mises en garde du Professeur Erdtman et j'ai eu la chance de bénéficier de l'aide de botanistes ayant des connaissances étendues sur la taxonomie des conifères. Ainsi tous nos travaux sur l'épicéa d'Engelmann et son "intragression" avec l'épicéa blanc des montagnes de l'Alberta et de la Colombie Britannique ont été exécutés en collaboration étroite avec le Professeur R. T. Ogilvie de l'Université de Calgary qui s'est assuré que nos plantes étaient morphologiquement bien définies".

Et le Dr von Rudloff de continuer:

"les résultats de ces travaux me portent à penser que la chimiotaxonomie pourrait être utile à l'industrie du bois pour repérer les arbres ayant les propriétés recherchées dans les zones où poussent des arbres ne présentant aucun intérêt commercial". Elle pourrait également contribuer à réduire l'incertitude inhérente à la reforestation en facilitant la sélection des variétés bien adaptés à des régions données.

Elle devrait aussi permettre de mieux prévoir les résultats de croisements et de gagner ainsi dix à vingt ans par rapport aux méthodes actuelles.

Le Dr von Rudloff et M. Gordon Sinclair, spécialiste des produits fibreux au Laboratoire régional des Prairies, étudient actuellement le pin gris du nord du Saskatchewan où se trouve déjà une grande usine de pâte à papier.

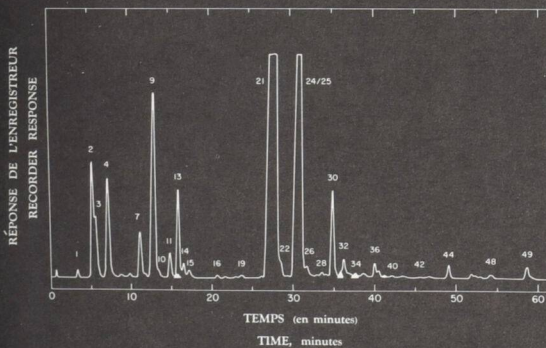
On considère qu'il vaudrait mieux ne pas se servir du pin gris pour fabriquer de la pâte à papier; toutefois ces chercheurs pensent qu'il pourrait exister des différences entre les pins gris locaux, différences que la chimiotaxonomie pourrait déceler, ce qui conduirait à une meilleure exploitation.

La chimiotaxonomie a le grand avantage de n'exiger que de petits échantillons prélevables sur place sans endommager les arbres; quelques petites branches, aiguilles ou fragments de feuilles suffisent. Le Dr von Rudloff peut même déterminer la composition d'une essence en partant d'une seule aiguille de conifère mais, du fait des différences qui pourraient exister parfois d'une branche à l'autre, cette possibilité, quoique très utile dans certains cas, n'est pas systématiquement utilisée. Il a également mis au point un dispositif de récupération in situ des essences volatiles grâce auquel les risques de modification de composition chimique au cours du transport au laboratoire sont écartés.

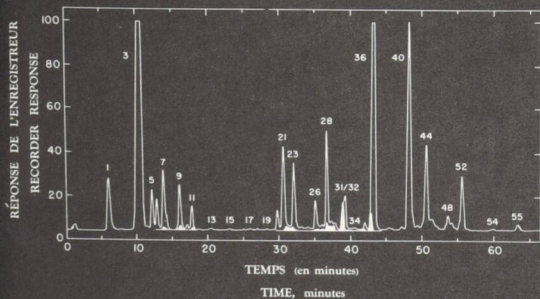
Au Laboratoire régional des Prairies, des spécialistes de la chimie organique, des botanistes, des taxonomistes et des ingénieurs électriciens travaillent à la mise au point de la chimiotaxonomie en tant que méthode supplémentaire et indépendante d'évaluation quantitative conduisant à l'identification des plantes. Des boursiers de recherche post-doctorale formés à cette méthode à Saskatoon poursuivent leurs travaux à Formose et au Japon et l'industrie, à son tour, commence à s'y intéresser. La chimiotaxonomie a donné une nouvelle impulsion à la taxonomie végétale et stimule de nouvelles recherches dans des domaines connexes.

Le Dr B. M. Craig, parlant des progrès réalisés au cours des dix dernières années au Laboratoire régional des Prairies, dont il est le directeur associé, nous a dit: "Les recherches sur l'application de la chromatographie en phase gazeuse à l'analyse de mélanges complexes d'essences ont donné à la chimiotaxonomie des fondations solides, de sorte qu'il a été possible d'étendre la classification morphologique des populations végétales et de résoudre certains problèmes pratiques qui se présentaient dans les industries basées sur l'exploitation forestière". □

ESSENCE DE GÉNÉVRIER DU MEXIQUE
ASHE JUNIPER OIL



ESSENCE DE CÈDRE ROUGE
RED JUNIPER OIL



Chromatogrammes d'essences tirées d'aiguilles de génévriers de la région d'Austin, au Texas.

Gas chromatograms of leaf oils from two juniper species growing near Austin, Texas, demonstrate significant differences in terpene distribution patterns.

University of Western Ontario telescope Third largest in Canada

Astronomers at The University of Western Ontario are using what has been described as the most versatile optical telescope in Canada to make photographic and electronic stellar observations from their new observatory, 15 miles north of London, Ont.

The telescope is a reflector with a primary and secondary mirror forming an optical system of the Ritchey-Chretien type. The actual aperture of the primary mirror is 48.6 inches making it the third largest in Canada.

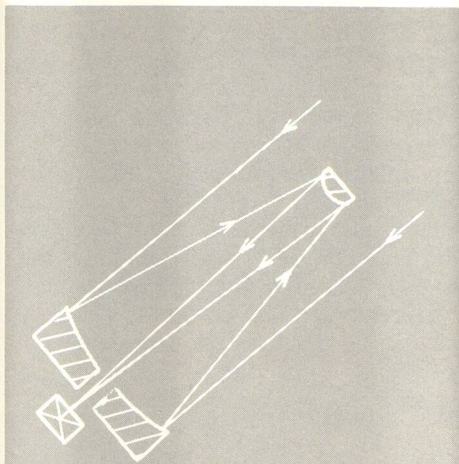
The new observatory was officially opened last Sept. 4, when Dr. D. W. R. McKinley, Vice-President (Laboratories) of the National Research Council of Canada, snipped a ceremonial ribbon to climax seven years of planning and construction of the \$860,000 observatory.

In 1966, the University received a \$350,000 grant from the National Research Council of Canada towards the purchase of the telescope. An order for the telescope was placed in the same year and construction of the dome began in 1968, following approval of a capital grant from the Ontario Department of University Affairs.

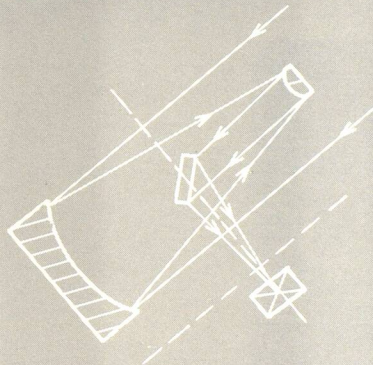
The telescope provides for direct photography of the sky with a field of 1.3 degrees, a relatively large value by the standards of astronomical instrumentation. The camera for direct photography is placed at the location of the image obtained with the Cassegrain focus.

The camera may be replaced by a Cassegrain spectrograph, an instrument for analysing the light from the stars to determine their chemical compositions, temperatures, velocities of approach and recession and other properties.

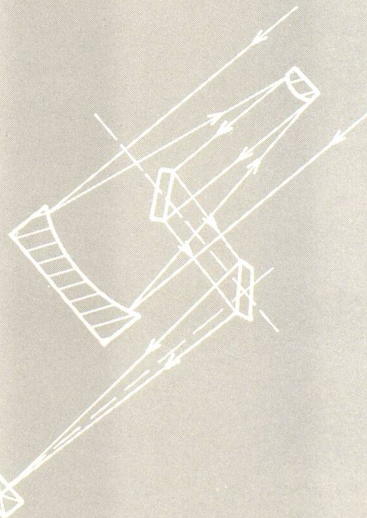
To provide an alternative location for the focus, which remains essentially fixed in position, a flat mirror in the tube of the telescope may be swung into position to divert the light through a special mounting called the Nasmyth focus. This focus is appropriate for measurement, by means of photometers, of the brightness and color of



CONFIGURATION
CASSEGRAIN
"FOCUS"



CONFIGURATION
NASMYTH
"FOCUS"



CONFIGURATION
COUDÉ
"FOCUS"

celestial objects. The system is very practical for astronomy students.

The University of Western Ontario telescope also includes another system called the Coudé focus. In this system a second flat mirror is used to divert the light towards a screen, for instance, in such a way that the image of the celestial object remains fixed whatever the rotation of the telescope. This system permits the use of a large spectrograph in a room thermally insulated to prevent radiation errors. It will be used to analyse the chemical composition, the temperature and other properties of stars. This will be the second Coudé spectrograph in Canada and the only one in eastern Canada.

The optical, mechanical and electrical system will produce images of stars on the photographic plates of the camera with diameters of 0.002 inch under favorable conditions. This corresponds to an apparent diameter of the star in the sky of one second of arc.

The observatory is situated on 300 acres of farmland. This location was chosen to minimize interference from city lights and smoke while allowing rapid access from the campus of the university.

The telescope is housed in a 30-foot diameter dome. The dome has insulation, double wall construction, ventilating fans and heat reflecting paint on the exterior to maintain interior air temperature at very nearly the same temperature as the outside air. This is in order to avoid production of poor images that result when the telescope looks through turbulent air caused by warm interior air escaping from the dome slit, to mix with exterior cold air.

Dr. W. H. Wehlau, head of the Department of Astronomy at UWO, said that, with six faculty members and more than twice that number of graduate students, the telescope is expected to be in use every hour that weather allows for observation during the year. "Past experience has shown that an optical telescope can be expected to be an effective research instrument for 50 years or more." □

Puissant télescope à l'Université de Western Ontario

Dans leur nouvel observatoire, à 15 milles au nord de London, dans l'Ontario, les astronomes de l'Université de Western Ontario font des observations électroniques et photographiques des astres à l'aide d'un télescope optique qui se distingue de tous les autres au Canada par sa très grande souplesse d'emploi.

Le télescope est du type Ritchey-Chrétien. Son miroir primaire, de 48,6 pouces, le place au troisième rang au Canada.

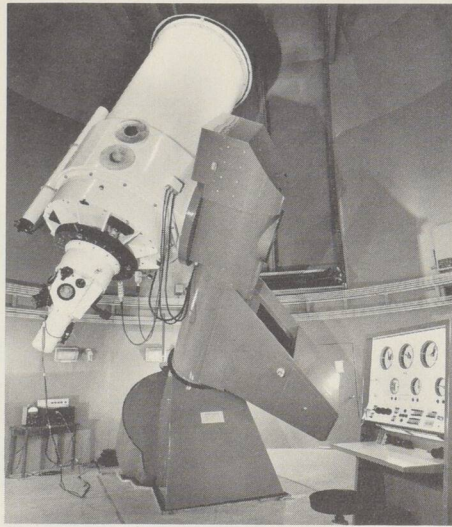
Le 4 septembre dernier, après sept années d'études et de construction, le Dr D. W. R. McKinley, Vice-président (laboratoires) du Conseil national de recherches du Canada, a inauguré ce nouvel observatoire de 860 000 dollars en coupant le ruban symbolique.

En 1966, l'Université a reçu une subvention de 350 000 dollars du Conseil national de recherches pour acheter ce télescope commandé la même année. La construction du dôme a commencé en 1968 après approbation d'une subvention d'investissement par le Ministère des affaires universitaires du gouvernement ontarien.

Avec ce télescope on peut photographier directement le ciel sous un angle de 1,3 degré ce qui est considéré comme relativement grand. La caméra est alors placée à la place de l'image en configuration Cassegrain (voir figure 1). On peut la remplacer par un spectrographe du type Cassegrain qui analyse la lumière provenant des astres et, de ce fait, donne des indications d'où l'on dérive notamment leur composition chimique, leurs températures et leurs vitesses d'approche et d'éloignement.

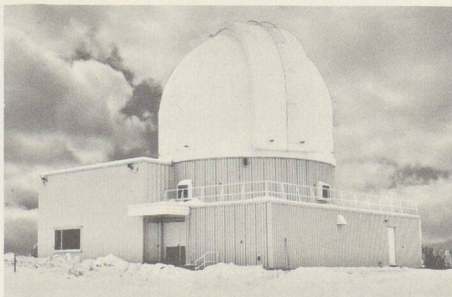
On peut changer cette configuration pour celle de Nasmyth (voir figure 2) où la lunette d'observation demeure fixe quel que soit le mouvement du télescope. Cette configuration est appropriée pour mesurer la brillance des objets célestes et déterminer leurs couleurs à l'aide de photomètres. Elle est très appréciée par les étudiants en astronomie.

Le télescope de l'Université de Western Ontario permet aussi d'utili-



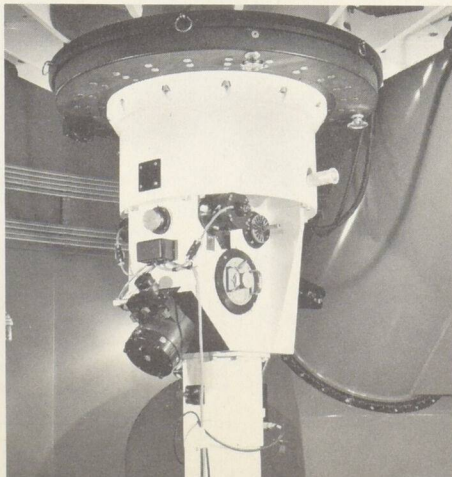
The telescope with spectrograph (left centre) as seen from the Observatory's control room.

Le télescope portant un spectrographe (à gauche) tel qu'il apparaît de la salle des commandes.



Above: Observatory housing the University of Western Ontario's new telescope. Below: close-up of one of the spectrographs used with the new telescope.

En haut: Le nouveau télescope est installé dans cet observatoire de l'Université de Western Ontario. En bas: un des spectrographes utilisés sur le nouveau télescope.



ser la configuration dite "coudée" (voir figure 3) qui, grâce à un deuxième miroir plan, donne une image fixe quelle que soit la hauteur de l'astre. La configuration "coudée" permet d'utiliser de grands spectrographes placés dans une pièce climatisée éliminant les erreurs dues au rayonnement. On s'en sert pour déterminer la composition chimique des étoiles ainsi que leurs températures et leurs propriétés particulières. C'est le deuxième spectrographe à configuration coudée au Canada et le seul dans l'est du Canada.

On pourra photographier les étoiles qui auront un diamètre de 0,002 pouce sur les plaques photographiques dans les conditions favorables, ce qui correspond à un diamètre apparent de l'étoile d'une seconde d'arc.

L'observatoire est situé à la campagne, sur un terrain de 300 acres et l'on a choisi son emplacement pour réduire l'influence néfaste de la lumière des villes et des fumées tout en le rendant facilement accessible aux étudiants de l'université.

Le télescope est abrité sous un dôme de 30 pieds de diamètre. Ce dôme est isolé thermiquement et il comporte des doubles parois et un système de soufflantes de ventilation; on l'a peint à l'extérieur avec une peinture thermoréfléchissante pour que la température de l'air à l'intérieur soit presque la même qu'à l'extérieur. De cette manière, on évite les déformations optiques résultant de la turbulence de l'air produite par l'air chaud qui pourrait s'échapper vers l'extérieur par la fente du télescope.

Le Dr W. H. Wehlauf, chef du Département d'astronomie à l'Université de Western Ontario, nous a dit qu'avec six membres de la faculté et plus d'une douzaine d'étudiants diplômés, on s'attend à ce que le télescope soit utilisé continuellement par beau temps d'un bout de l'année à l'autre. Il a ajouté que l'expérience a montré qu'un télescope optique peut être un instrument de recherche efficace pendant au moins 50 ans et c'est ce qui justifie les longs travaux de son étude et de sa construction. □

