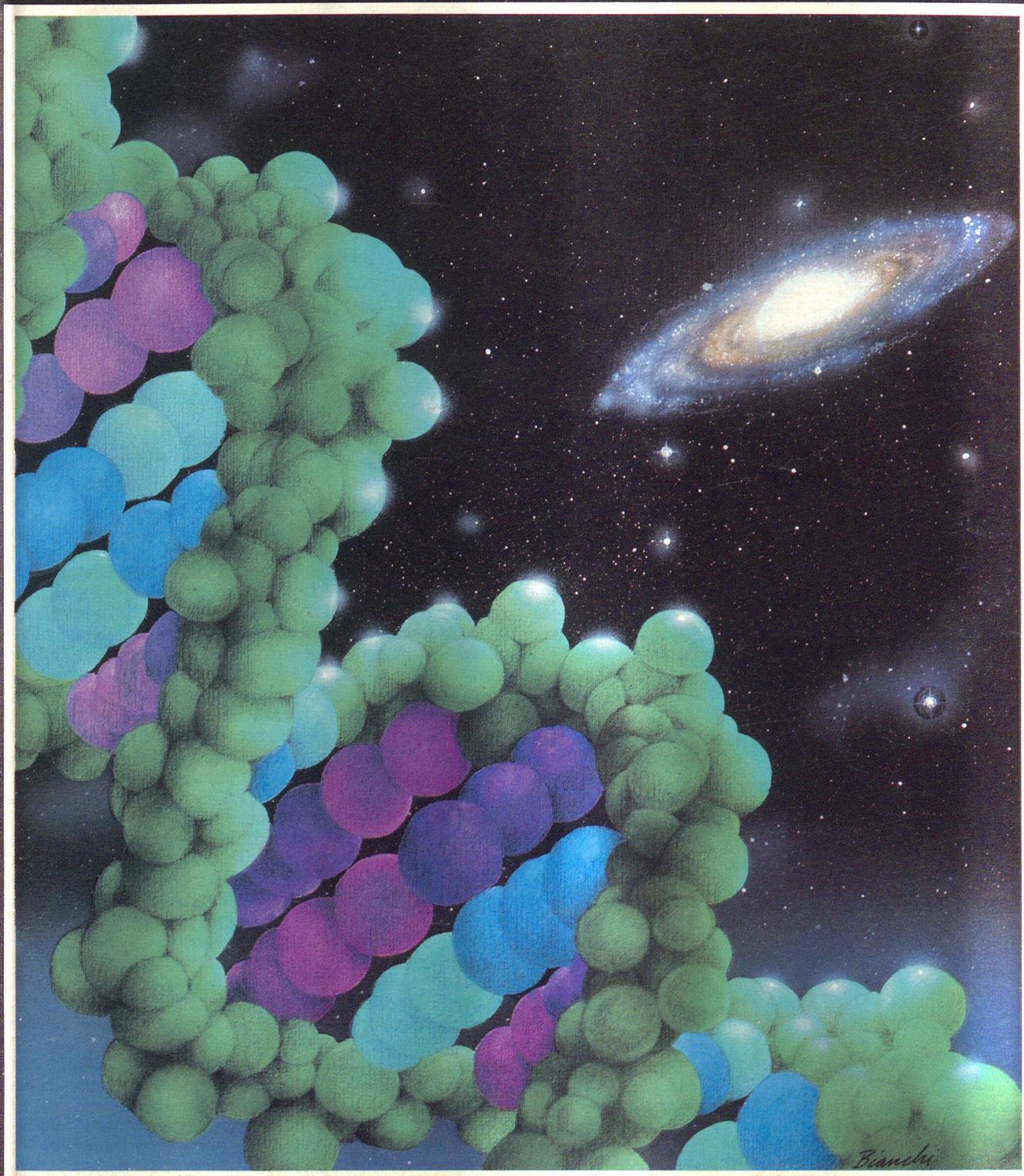


# SCIENCE DIMENSION

1982/2



FROM GENES TO GALAXIES / DES GÈNES AUX GALAXIES

# SCIENCE DIMENSION



National Research Council Canada  
Conseil national de recherches Canada

Vol. 14, No. 2, 1982

Indexed in the Canadian Periodical Index  
This publication is available in microform.

## CONTENTS

- 
- 2 From genes to galaxies  
Sussex Drive Open House
- 
- 6 Where technology outstrips  
theory  
Amorphous silicon: an intriguing  
new material
- 
- 14 Search and marvel  
50th anniversary of the Sussex  
Drive laboratories
- 
- 20 Canadarm: the background  
The space arm's history
- 
- 24 Briefly . . .
- 
- 26 To err is biological  
Enzymes to the rescue
- 

### Cover

Matter interacts in an infinitude of interesting ways, whether strung out in the graceful strands of DNA or spinning as starclouds around the centre of a galaxy. The search to understand these interactions, at the level of molecule, man, and macrocosm, is the goal of science. Appropriately, as the story on page 2 explains, it is also the theme of NRC's Open House at its Sussex Drive laboratories.

Editor Wayne Campbell  
Assistant Editor Margaret Shibley Simmons  
Executive Editor Joan Powers Rickerd  
Editor French Texts Michel Brochu  
Graphics Coordinator Stephen A. Haines  
Photography Bruce Kane  
Print Coordinator Robert Rickerd  
Design Acart Graphic Services Inc.  
Printed in Canada by Beauregard Press Ltd.  
31159-0-0858

## From genes to galaxies Sussex Drive Open House



NRC's Sussex Drive facility during construction in 1930.

Les installations du CNRC situées sur la promenade Sussex pendant leur construction qui remonte à l'année 1930.

Fifty years ago this summer, the National Research Council opened the double bronze doors to its new Laboratories at 100 Sussex Drive in Ottawa. For the scientists entering the elaborately designed structure on that August morning in 1932, the world was a vastly different place than it is today.

Astronomers were still confined to optical telescopes in their observations of the heavens; the radio receivers that would eventually open up an entirely new window on the universe, revealing distant beacons that would challenge the accepted cosmology, had not yet been pointed towards the sky. Biologists were busy investigating acids of high molecular weight in the cell nucleus, the DNA, but most suspected that some other substance, probably a special protein, carried the genetic code. Chemists were becoming expert at manipulating the 90-odd elements of the periodic table, but had not worked out the kinks in the great synthetic processes that would transform the face — and substance — of society. Across the Atlantic in that year of deepening world-wide depression, Britain's James Chadwick discovered a subatomic particle that would lead to undreamed of, disturbing changes — the neutron.

Today, as NRC marks the 50th Anniversary of Sussex Drive with an

Open House (19, 20 June 1982), much has changed in the scientific perceptions of the men and women who pass between the building's Doric columns. The radiotelescope, and more recently the satellite-mounted X-ray telescope, have shown astronomers just how full of surprises Nature can be. Out there in the depths of space, bodies strange beyond the imagination of the most protean thinker have been detected. There are pulsars, the crushed cores of exploded stars, broadcasting their locations with radio pulses of steady frequency. Powerful X-ray sources hint at even more bizarre cosmic behavior — black holes, for example, in which matter has been so crushed by gravity that it is actually driven out of existence. And beyond, at the very limits of the universe, are the quasars; supermassive, travelling at speeds approaching that of light, these objects may have been formed at the very beginning of time, the current radio signals perhaps only ghosts of what have long ceased to exist.

For biologists, 50 years of research have wrought similar changes in understanding of how living systems function. The genetic code and the manner of its unerring reproducibility have been discovered in the structure of DNA, the elegant, winding double helix in the cell nucleus. More impor-

# Des gènes aux galaxies Journées d'accueil des laboratoires de la promenade Sussex



Today, the Sussex Drive building houses researchers in the Divisions of Biological Sciences, Chemistry, the Herzberg Institute of Astrophysics, and the Canada Centre for Space Science.

Il y aura cinquante ans cet été que le Conseil national de recherches a ouvert les portes de ses laboratoires de la promenade Sussex, à Ottawa. Pour les scientifiques qui entraînent pour la première fois dans cet édifice à l'architecture élaborée, au mois d'août 1932, le monde était bien différent de ce qu'il est aujourd'hui.

Les astronomes se servaient encore de télescopes optiques pour observer les cieux et les récepteurs radio qui allaient éventuellement capter des signaux lointains et remettre en question les théories cosmologiques de l'époque n'avaient pas encore été mis à l'écoute du ciel. Les biologistes étudiaient des acides nucléiques de poids moléculaire élevé sans toutefois se douter qu'ils contenaient le code génétique. Les chimistes avaient appris l'art de manipuler les 90 premiers éléments du tableau périodique mais n'avaient pas encore élucidé les processus de la chimie de synthèse qui allait jouer un rôle si important dans notre société. Cette même année, en Grande-Bretagne, malgré la dépression mondiale qui n'épargnait pas l'Europe, James Chadwick découvrait le neutron.

Aujourd'hui, les Journées d'accueil des 19 et 20 juin 1982 des laboratoires de la promenade Sussex, qui coïncident

Aujourd'hui, l'édifice de la promenade Sussex est le siège des installations de recherche des Divisions des sciences biologiques et de chimie, de l'Institut Herzberg d'astrophysique et du Centre canadien des sciences spatiales.

avec leur 50<sup>e</sup> anniversaire, nous montrent à quel point les connaissances scientifiques ont évolué. À l'aide de radiotélescopes et de satellites qui permettent la détection des rayons X, les astronomes ont réussi à identifier une foule d'objets mystérieux. C'est ainsi qu'ils ont pu découvrir aux confins de l'espace des corps étranges dont l'existence dépasse notre entendement. Il s'agit des pulsars, noyaux effondrés d'anciennes étoiles, qui émettent des ondes radioélectriques de fréquence régulière, dévoilant leur emplacement dans l'univers. Ils ont également enregistré des sources puissantes de rayons X révélant la présence de trous noirs qui sont le résultat de l'implosion de la matière sous l'effet de la pesanteur et dont le comportement cosmique est encore plus aberrant. Et, en bordure de l'univers, ils ont détecté des quasars, objets massifs se déplaçant à une vitesse proche de celle de la lumière. On pense qu'ils ont été formés lors de la création de l'univers et que les signaux radioélectriques qu'ils émettent ne sont plus que l'écho de leur existence depuis longtemps achevée.

Ces cinquante années de recherche se sont également accompagnées de progrès remarquables pour les biologistes. En élucidant la structure de l'ADN,

# SCIENCE DIMENSION



Conseil national  
de recherches Canada

National Research  
Council Canada

Vol. 14, N° 2, 1982

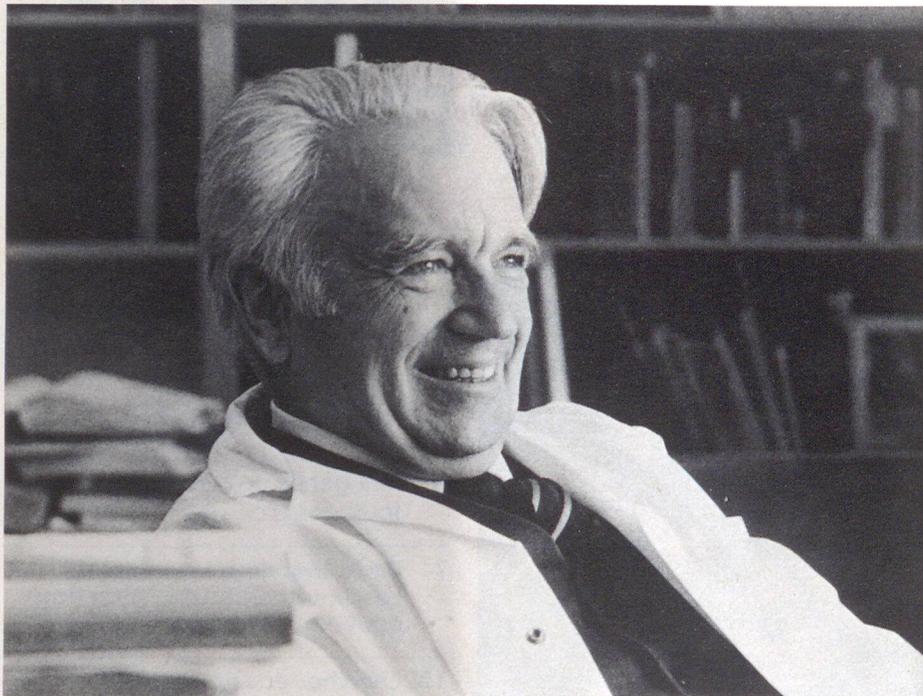
Cité dans l'Index de périodiques canadiens  
Cette publication est également disponible  
sous forme de microcopies.

## SOMMAIRE

- 
- 3 Des gènes aux galaxies  
Journées d'accueil du CNRC
- 
- 7 De la théorie à la pratique  
Le silicium amorphe: matériau  
nouveau et fascinant
- 
- 15 Chercher et s'émerveiller  
Les laboratoires de la  
promenade Sussex célèbrent  
leur 50<sup>e</sup> anniversaire
- 
- 21 Le bras spatial canadien:  
De la conception à la réalisation
- 
- 25 En bref . . .
- 
- 27 L'erreur est biologique  
Des enzymes à l'ouvrage
- 

## Notre couverture

Rédacteur en chef Wayne Campbell  
Adjointe à la rédaction Margaret Shibley Simmons  
Rédacteur exécutif Joan Powers Rickerd  
Editeur (textes français) Michel Brochu  
Coordonnateur (graphiques) Stephen A. Haines  
Photographie Bruce Kane  
Coordonnateur de l'impression Robert Rickerd  
Conception graphique Acart Graphic Services Inc.  
Imprimé au Canada par Imprimerie Beauregard Ltée  
31159-0-0858



Dr. Gerhard Herzberg, Nobel Laureate and pioneer in the science of molecular spectroscopy.

Le Dr Gerhard Herzberg, lauréat d'un prix Nobel et pionnier dans le domaine de la spectroscopie moléculaire.

(Ted Grant)

tant, the nature of the code, the actual letters of translation used to recreate life, turn out to be universal, the same for bacteria, plants, animals, even Man. Much has been learned about how the body protects itself from invasion, the way drugs, hormones, and other molecules operate in the cell, the manner by which organisms grow, differentiate, develop. But cancer, eluding explanation back in the 1930s, still manages to escape human understanding despite an awesome assault by science.

In chemistry, the advent of synthetic techniques, particularly the production of long-chain polymers, has had effects on virtually all aspects of living; the products of chemical synthesis now go into materials used for clothing, construction, appliances, transportation, and medicine, just to name a few. As important, however, have been the effects of chemistry's instrumentation; efficient, automated, and sensitive, these techniques are now employed far afield from their use at a chemist's bench. Routine measures of pollutants down to the parts per trillion range, the precise details of the structures of proteins and other biological molecules, the production of semiconductor materials for the electronics industry, and the nature of complex systems like the cell's outer membrane are examples of just how wide ranging the applications have been.

And what of tomorrow? For the men and women in astrophysics, biology, and chemistry who do research at Sussex Drive 50 years hence, what routine, textbook knowledge will they have that, for us, are tomorrow's breakthroughs?

Whatever it is, it will be provided in part by the research of the people who work in the building today. While they may seem casual, walking in the halls or talking over coffee in the basement cafeteria, they carry with them the shifting paradigms that give the observations of their particular science meaning. New knowledge will affirm, modify, or disprove these conceptual models, leading ultimately to leaps in understanding comparable with those of the last five decades. From Genes to Galaxies is an appropriate theme, then; after all, it exemplifies the scope of the research at Sussex Drive, from the biological microcosm, through the great middle range of Man and his environment, to the parsec measures of the Cosmos. □

(Joseph R. Fletcher)

**Wayne Campbell**



This 46-m radio telescope at the Algonquin Radio Observatory at Lake Traverse, Ont., will be open for public visits on May 23 and 24.

Les 23 et 24 mai prochains, le grand public est invité à visiter ce radiotélescope de 46 m de diamètre à l'Observatoire radioastronomique du CNRC au lac Traverse dans le parc Algonquin.

molécule en forme de double hélice contenue dans le noyau cellulaire, ils ont réussi à déchiffrer le code génétique et à expliquer ses mécanismes de réplication. Mais surtout, ils ont prouvé que les unités du code génétique qui caractérisent la vie sont les mêmes chez les bactéries, les plantes, les animaux et même l'Homme. On a également beaucoup appris sur la protection de l'organisme contre les infections, sur l'activité cellulaire des médicaments, des hormones et d'autres substances ainsi que sur les mécanismes intervenant dans la croissance, la différenciation et le développement des organismes vivants. Par contre, le cancer dont l'explication échappait aux chercheurs des années trente n'a pas encore été vaincu malgré les efforts

persistants de la Science.

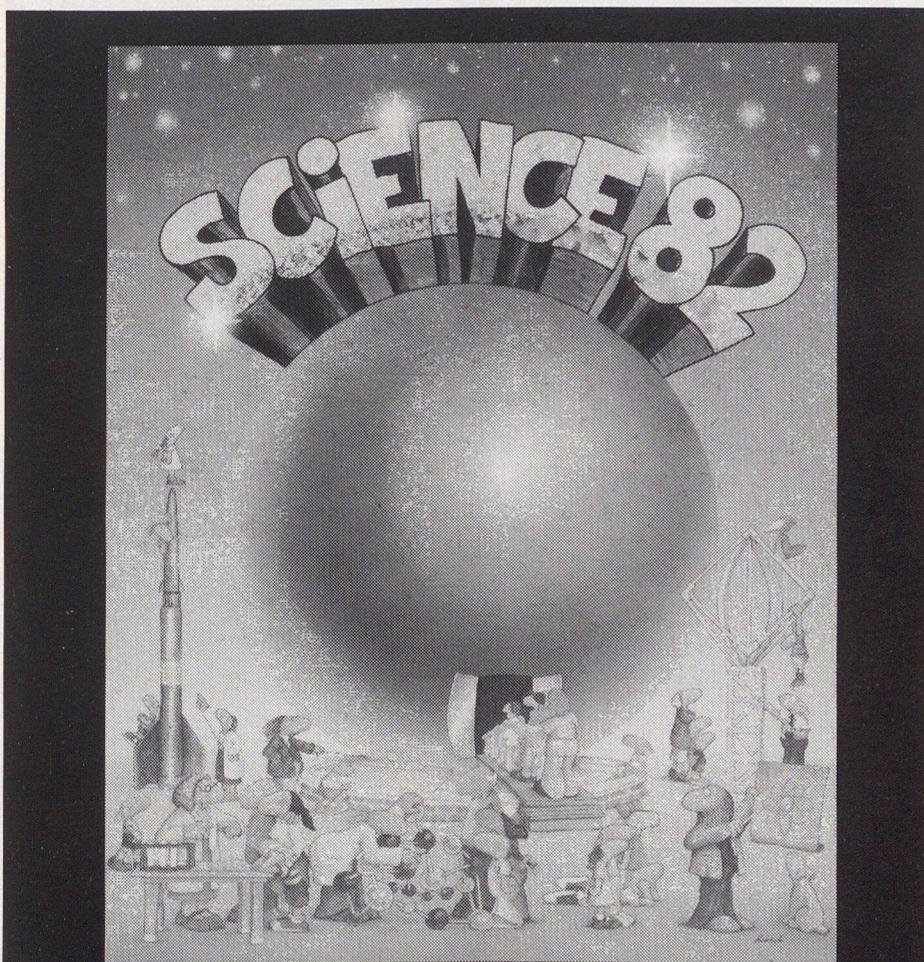
En chimie, l'avènement des techniques de synthèse, utilisées notamment pour la production de polymères, s'est accompagné de retombées sur tous les aspects de la vie; les produits synthétiques sont actuellement utilisés dans la fabrication de textiles, de matériaux de construction, d'appareils ménagers, de véhicules de transport et de médicaments, pour ne citer que ces exemples. La mise au point de nouvelles techniques d'analyse chimique faisant appel à des instruments scientifiques élaborés s'est avérée tout aussi importante; efficaces, automatisées et de haute précision, ces techniques sont maintenant appliquées à bien d'autres domaines parmi lesquels figurent la mesure de concentrations infinitésimales de pol-

luants, l'analyse structurale de protéines et d'autres molécules biologiques, la fabrication de matériaux semiconducteurs pour l'industrie électronique et l'analyse de structures complexes comme la membrane externe de la cellule.

Mais quelles réalisations nous réservent les cinquante prochaines années de recherche aux laboratoires de la promenade Sussex? Elles seront le fruit des efforts des astrophysiciens, des biologistes et des chimistes qui y travaillent.

Ces scientifiques portent en eux les paradigmes qui donnent à leurs observations une signification scientifique. Ces modèles conceptuels sont renforcés, modifiés ou remplacés avec l'acquisition de nouvelles connaissances et leur évolution se traduit par des progrès comparables à ceux qui ont marqué les cinq dernières décennies. "Des gènes aux galaxies" est donc un thème particulièrement approprié. Il illustre l'envergure des travaux de recherche des laboratoires de la promenade Sussex qui vont de l'étude du microcosme biologique, de l'Homme et de son environnement à la mesure astronomique du cosmos. □

*Texte français: Annie Hlavats*



## NRC OPEN HOUSE

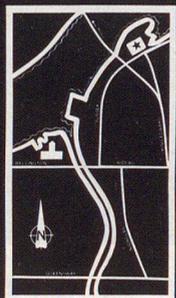
"From Genes to Galaxies"

100 Sussex Dr.

Free Admission / Free Parking on Site  
Information: 993-9101

# June 19-20

Hours: Saturday: 10:00 a.m. to 9:00 p.m.  
Sunday: 10:00 a.m. to 9:00 p.m.



## JOURNÉES D'ACCUEIL DU CNRC

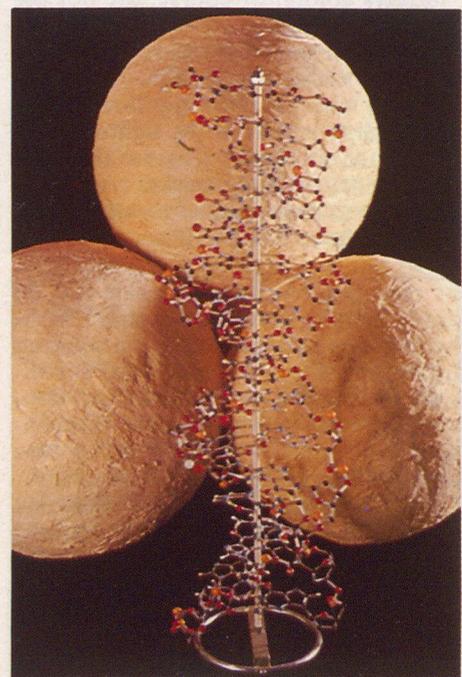
"Des gènes aux galaxies"

100, promenade Sussex

Entrée libre / Stationnement gratuit sur les lieux  
Renseignements: 993-9101

# 19 et 20 juin

Heures d'ouverture: samedi: 10 heures à 21 heures  
dimanche: 10 heures à 21 heures



(Saran Narang)

La synthèse de l'ADN a été l'une des premières réalisations biochimiques des laboratoires de la promenade Sussex. Ce modèle représente une molécule hélicoïdale d'ADN avec des répresseurs protéiniques à l'arrière-plan.

Synthesized DNA strands were an early success of biochemical research at Sussex Drive. This model portrays the DNA helix with repressor proteins in the background.

# Towards the inexpensive solar cell

## Amorphous silicon: an intriguing new material

*A team of researchers in Montreal is making thin films of a material in which light can be turned to electric power. It is known as amorphous silicon, and it has the promise of dramatically reducing the cost of solar cells. Curiously, the researchers are learning how to make it without fully understanding how this subtle new material works.*

“A plasma really is a terrible mess,” Mike Wertheimer says, pointing to a table listing the 34 distinct chemical reactions that occur when oxygen is in that mysterious state of matter. “Until theory can catch up, our work is empirical.”

Wertheimer, a bearded and affable professor of Engineering Physics at Montreal's *École Polytechnique*, is co-inventor of a plasma generator (called LMP, for large volume microwave plasma generator). It looks like a big glass tube surrounded by copper ducts. When switched on it hisses and glows in violet hues — aurora borealis in a bottle.

Pretty colors, of course, are not the point. The microwave-accelerated electrons dashing around inside the reactor collide with, and rip apart the molecules of the gas flowing through it. (The colors are from the light emitted by excited molecules.) Under the right conditions, these molecular fragments can stick to a surface, of metal, say, or glass, to form a solid film.

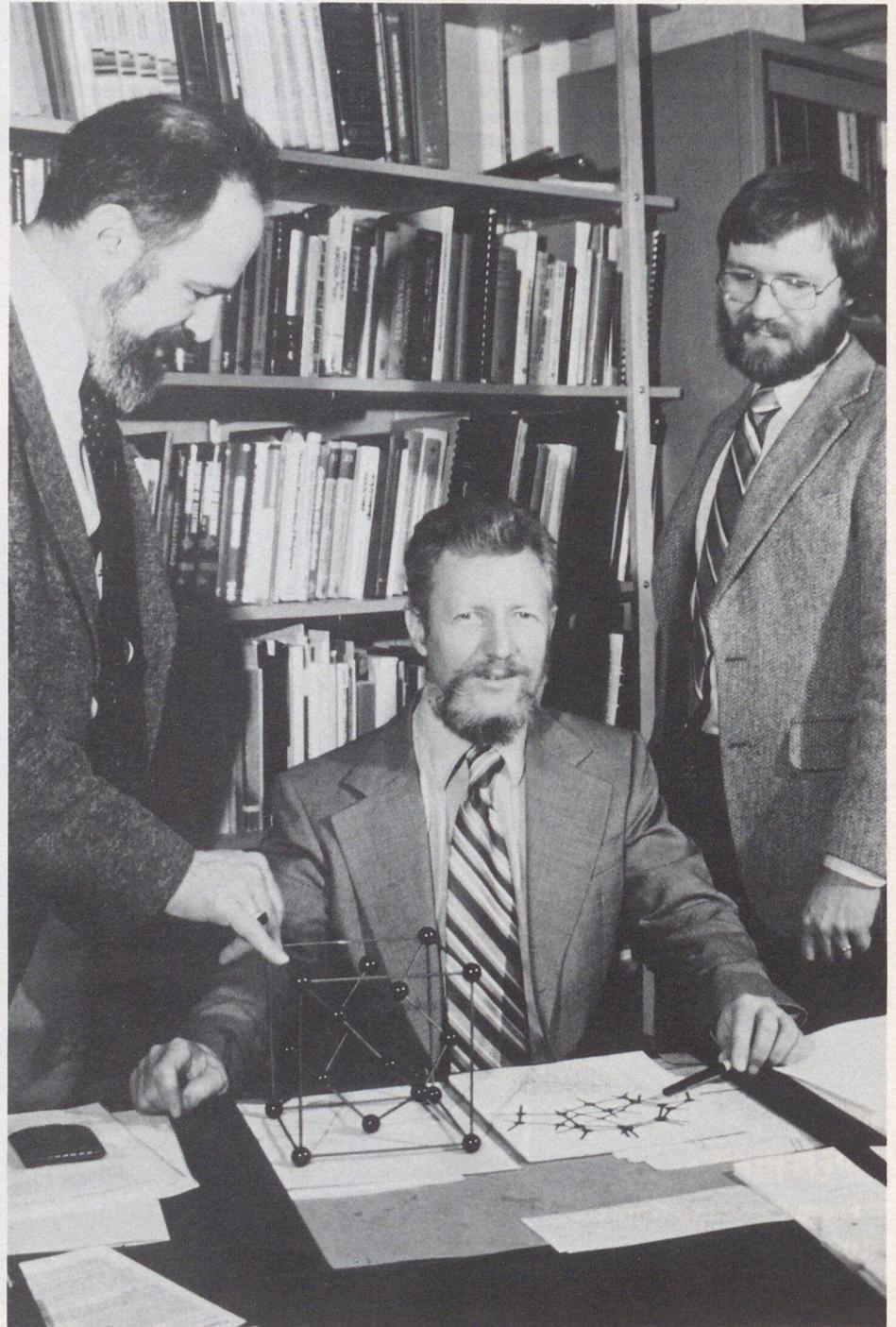
No one can explain all the subtleties of plasmas, but inventors can and do apply them to many useful ends. Wertheimer's plasma generator is a solution in search of problems. It can, for instance, deposit insulation on conductors, coat lenses, or make inexpensive solar cells of an intriguing new material known as amorphous silicon.

Collaborating to explore this last possibility are three research groups, all located on the northern slope of Montreal's mountain: the Solid State and Applied Nuclear Physics groups in the Physics Department of the *Université de Montréal*, and the Solid State Physics group in the Engineering Physics Department at the affiliated *École Polytechnique*. The research team, led by Wertheimer, is funded by the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC), under a two-year strategic grant for energy research.

All solar cells are made from materials known as semiconductors. In these materials, electrons have just the

right degree of attachment to atoms — neither as tightly bound as insulators such as glass nor as loosely bound as conductors such as copper. As a consequence, in semiconductors, electrons can readily be controlled by the small electrical forces generated by adding impurities (see box).

Conventional solar cells are made from pure and elaborately processed single crystals of silicon. Right now, they are expensive; though they are affordable for use in space, cost prohibits their widespread use on Earth. Many people feel, however, that less expensive solar cells could be made



Discussing the structure of amorphous silicon: Drs. Arthur Yelon, Michael Wertheimer, and John Currie (from left to right).

De gauche à droite: Les Drs Arthur Yelon, Michel Wertheimer et John Currie, discutant de la structure du silicium amorphe.

## Bientôt, une cellule solaire à prix abordable?

# Le silicium amorphe: matériau nouveau et fascinant

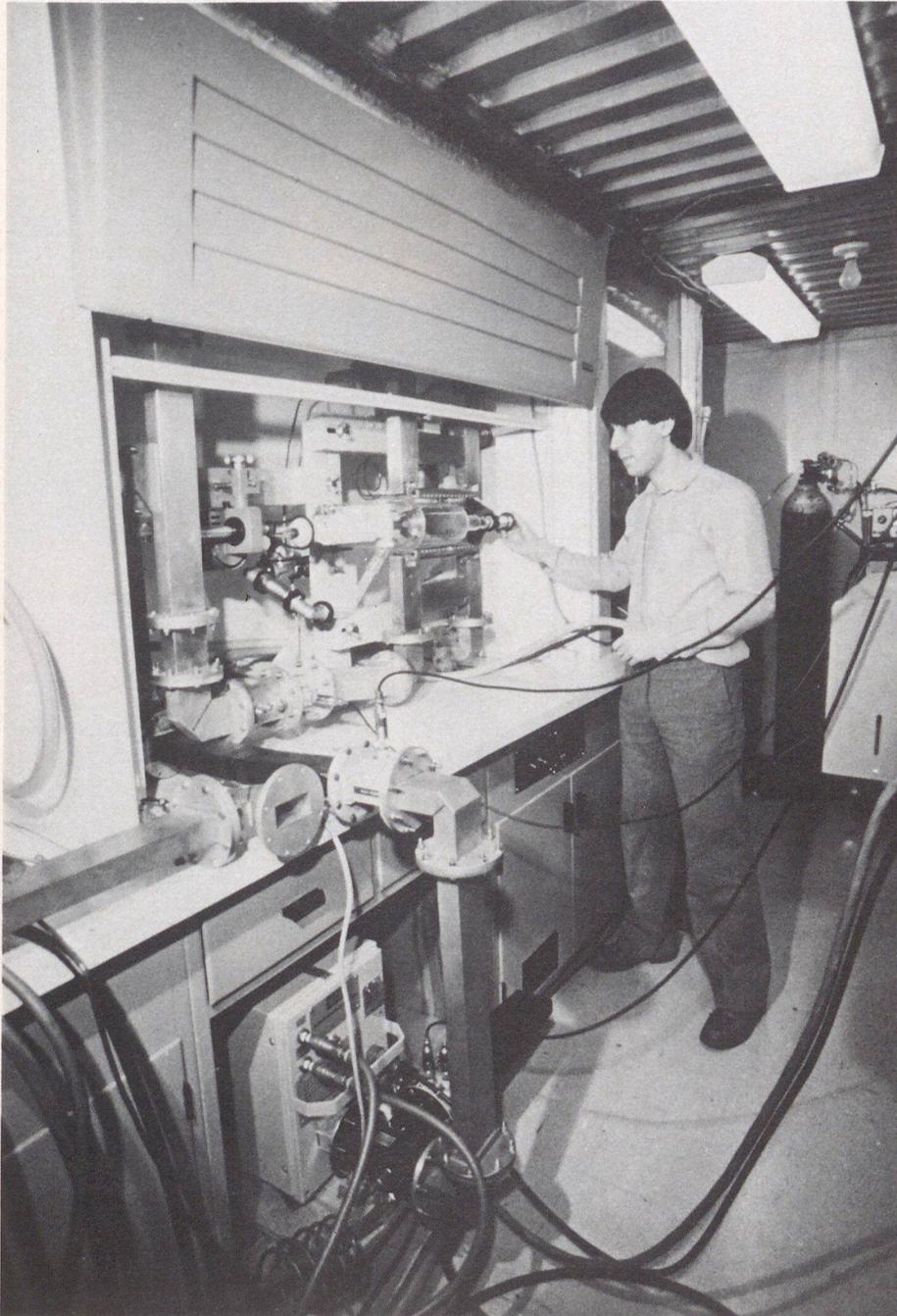
*Des chercheurs montréalais fabriquent des couches minces de silicium amorphe, nouveau matériau qui permet de convertir la lumière en électricité. Grâce à ce matériau, que les chercheurs apprennent assez curieusement à fabriquer avant même d'avoir bien compris par quels mécanismes il opère, on espère faire considérablement baisser le coût des cellules solaires.*

D'entrée de jeu, Michel Wertheimer nous prévient: "Le plasma, ce mystérieux quatrième état de la matière, constitue un fouillis inextricable; rien que pour l'oxygène, on a répertorié pas moins de 34 réactions chimiques distinctes au moment où celui-ci parvient à l'état de plasma. En l'absence de modèles théoriques, il nous faut travailler de façon empirique."

Michel Wertheimer enseigne au Département de génie physique de l'École Polytechnique de Montréal. Ce professeur barbu et affable est le co-inventeur d'un générateur de plasma par micro-ondes (en anglais, *large volume microwave plasma generator* ou LMP). Extérieurement, ce générateur a l'aspect d'un gros tube de verre entouré de conduites de cuivre; lorsqu'on le met en marche, il fait entendre des sifflements accompagnés de leurs violacées qui évoquent l'image d'une aurore boréale dans une bouteille.

Mais l'expérience ne s'arrête pas là. Les électrons, accélérés dans toutes les directions à l'intérieur du réacteur, entrent en collision avec les molécules du gaz ambiant et les mettent en pièces. (Les lueurs colorées proviennent de la lumière émise par les molécules excitées.) Lorsque les conditions requises sont réunies, il est possible de faire adhérer les fragments moléculaires à des objets de verre ou de métal pour former un film recouvrant leur surface.

Personne n'a encore réussi à expliquer toutes les subtilités du comportement des plasmas mais des esprits inventifs leur ont déjà trouvé de multiples applications. Le générateur de plasma conçu par Wertheimer apporte une solution à des problèmes qu'on commence à peine à entrevoir. Il permet, par exemple, de déposer un film isolant sur des matériaux conducteurs ou un enduit sur des lentilles ou,



Research Associate, Dr. Metin Aktik, in the lab with the large volume microwave plasma generator (LMP); a solution in search of problems.

Le Dr Metin Aktik, attaché de recherche, dans son laboratoire: le générateur de plasma par micro-ondes apporte une solution à des problèmes que l'on commence à peine à entrevoir.

### CRSNG

La majeure partie de l'aide financière accordée par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie à Michel Wertheimer et à ses collègues revêt la forme de subventions thématiques. De telles subventions aident les chercheurs universitaires à poursuivre des travaux de recherche dans des domaines que le CRSNG considère comme étant d'importance vitale pour le Canada. L'an dernier (1981), le CRSNG a accordé des subventions thématiques s'élevant à plus de 21 millions de dollars pour des projets de recherche dans les domaines de l'alimentation et de l'agriculture, des océans, des télécommunications, de la toxicologie de l'environnement, de l'énergie et dans d'autres domaines jugés d'intérêt national par les universités canadiennes.

from a different form of silicon. The atoms which are arrayed in such stunning regularity in crystals of silicon can also occur in the atomic jumble known as an amorphous arrangement of the element. Sketching shapes in the air with eloquent hands Wertheimer's colleague Art Yelon enthusiastically explains: "A silicon crystal is so many tightly stacked tetrahedra, or little pyramids. In amorphous silicon, these pyramids are rotated in different ways." His hands twist graphically. "They cannot agree on how to orient themselves. We think this substance represents the most interesting way of making a solar cell, and we're not alone. I received a bibliography on amorphous silicon in yesterday's mail. There were 323 publications in 1980 alone, and I doubt the computer printed out everything on the subject."

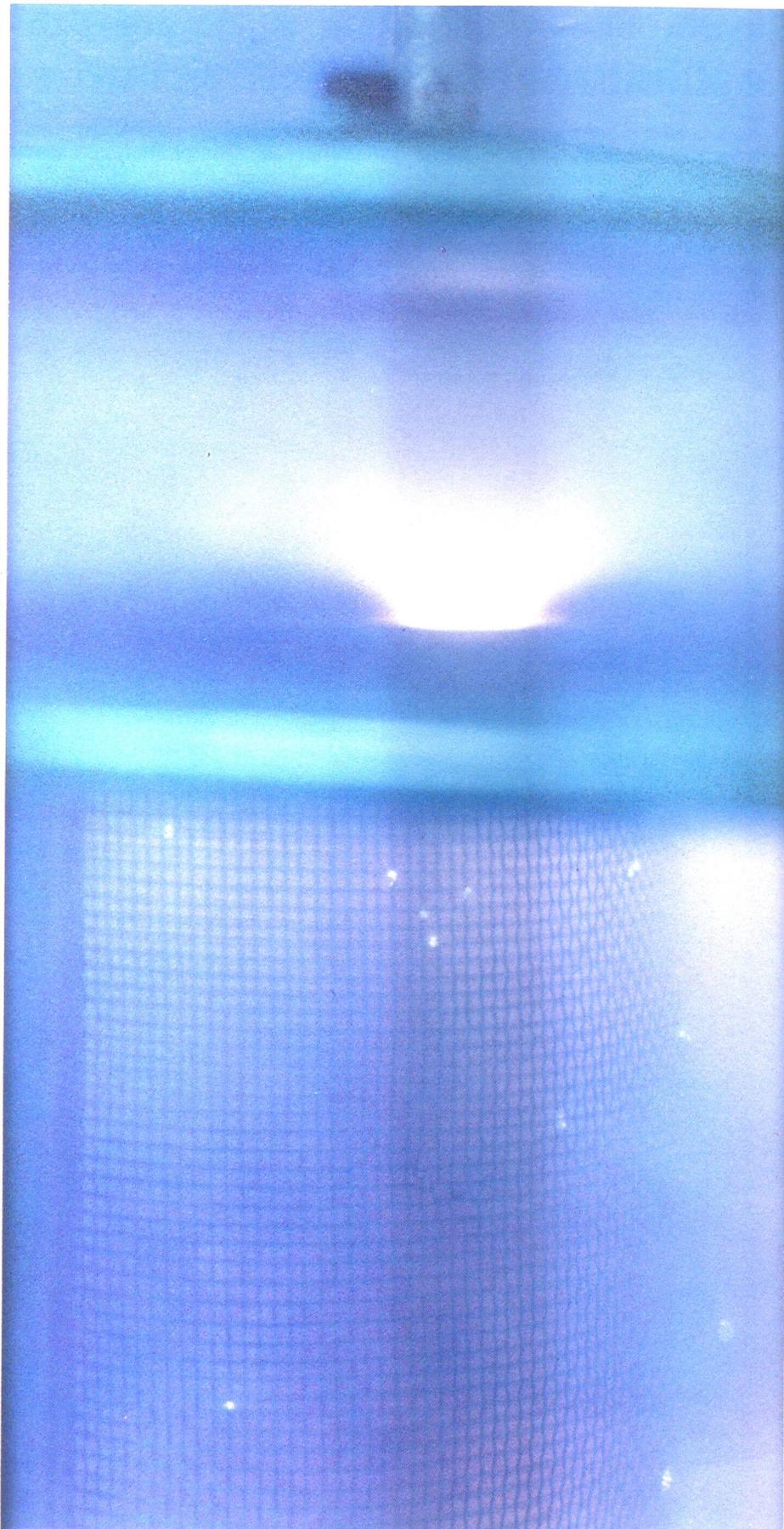
Now, as it turns out, amorphous silicon is a far better absorber of visible light than crystalline silicon. In practice, this means that amorphous silicon solar cells can be built into films only millionths of a metre thick, 50 times thinner than crystal silicon cells. Amorphous cells, therefore, are far cheaper in material costs and, since they can be produced quickly over large areas, in fabrication cost as well. So, at any rate, researchers hope.

There is a hitch, however: efficiency. The best amorphous silicon solar cell yet made in any laboratory converts only 7 per cent of the light energy falling on it into electricity. Silicon solar cells, in comparison, can reach, and even exceed, 20 per cent efficiency.

"When people first began looking at amorphous silicon," Yelon says, "they played with models made of balls and sticks and they got all the atoms to fit. But in reality there were always some sticks left sticking out; 'dangling bonds' we call them. These mess up its electrical properties so that it does not respond at all to doping."

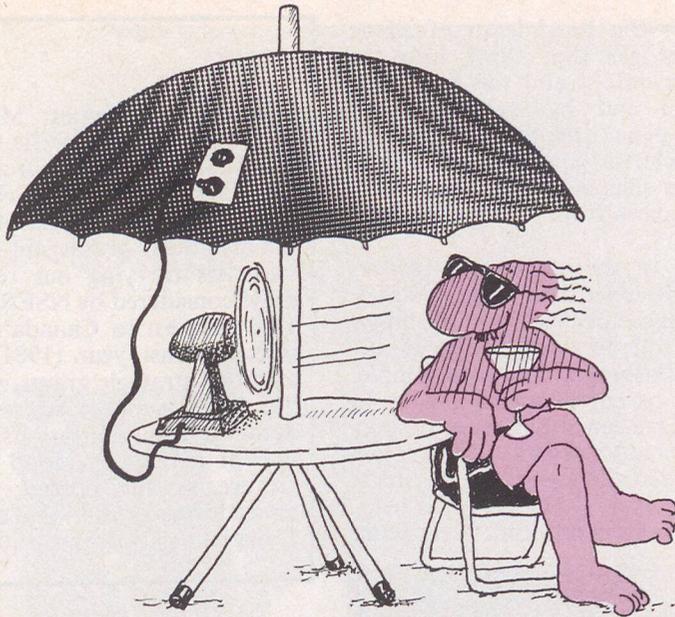
In 1975 a research group in Scotland achieved the first successful doping of amorphous silicon. The reason for success, discovered by chance and fiercely debated, was hydrogen. Hydrogen mops up the dangling bonds by binding to them. Hydrogenous amorphous silicon *can* be doped. It can never, because of its inferior electrical properties, be as efficient as crystalline silicon, but this disadvantage would almost certainly be outweighed by its cost advantages. Since 1975, amorphous silicon has been the leading contender in the race to find alternatives to conventional solar cells.

During the past year, the Montreal researchers have been designing and automating their experiments, getting to know their material, and making



A radio frequency glow discharge system used to make thin films.

Dispositif de décharge lumineuse par radiofréquences servant à la fabrication des couches minces.



(John Bianchi)

encore, de fabriquer des cellules solaires peu coûteuses à partir d'un nouveau matériau aux propriétés fascinantes: le silicium amorphe.

Trois laboratoires de recherche, tous trois situés sur le versant nord du Mont-Royal, à Montréal, collaborent au développement de cette dernière application. Il s'agit des laboratoires de physique du solide et de physique nucléaire appliquée du Département de physique de l'Université de Montréal et du laboratoire de physique de l'état solide du Département de génie physique de l'École Polytechnique, institution affiliée à l'Université de Montréal. Cette équipe, dirigée par Wertheimer, est financée par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) par le biais d'une subvention de deux ans accordée dans le cadre de son programme de subventions thématiques appuyant la recherche sur l'énergie.

Toutes les cellules solaires sont fabriquées à partir de matériaux dits semi-conducteurs. Dans ces matériaux, les électrons ont tout juste l'énergie de liaison voulue: ils ne sont ni trop liés, comme dans le cas des isolants tels que le verre, ni trop libres, comme dans le cas des conducteurs tels que le cuivre. Il en résulte que, dans les semi-conducteurs, les électrons peuvent être facilement contrôlés à l'aide de faibles forces électriques induites par l'addition d'impuretés: c'est le "dopage" (voir encadré).

Les cellules solaires classiques utilisent le silicium monocristallin pur obtenu à l'aide de procédés d'élaboration complexes; elles coûtent donc très cher. Si elles s'avèrent rentables lorsqu'elles sont utilisées dans l'espace, elles ne peuvent par contre être exploitées sur terre en raison de leur coût prohibitif. Il serait toutefois possible

de fabriquer des cellules moins coûteuses à partir de silicium non cristallin. En effet, les atomes de silicium qui, dans la forme cristalline de l'élément, sont disposés de façon étonnamment régulière, sont les mêmes qui forment le fouillis atomique que l'on observe dans le cas du silicium amorphe. S'aidant du geste, un collègue de Wertheimer, Arthur Yelon, nous explique: "Un cristal de silicium est formé d'un nombre précis de minuscules pyramides, ou tétraèdres, étroitement emboîtées. Dans la forme amorphe de l'élément, ces pyramides sont orientées dans différentes directions." Il esquisse un mouvement de rotation avec les mains. "Elles ne semblent pas parvenir à s'orienter de façon ordonnée. Il y a là des possibilités extrêmement intéressantes pour la fabrication de cellules solaires. D'autres y ont d'ailleurs déjà pensé: pas plus tard qu'hier, j'ai reçu une liste bibliographique établie par ordinateur qui énumère pas moins de 323 publications traitant du silicium amorphe, et cette liste ne couvre que l'année 1980. Et encore, je doute que l'ordinateur ait relevé tout ce qui s'est écrit sur le sujet."

En outre, on a découvert que le silicium amorphe absorbait beaucoup mieux la lumière visible que le silicium cristallin. Dans la pratique, cette découverte signifie qu'il est possible de fabriquer ces cellules au silicium amorphe sous forme de couches n'ayant que quelques microns d'épaisseur, soit une épaisseur 50 fois moindre qu'avec le silicium cristallin. Les cellules au silicium amorphe permettraient par conséquent d'économiser tant sur le coût des matières premières que sur celui de la fabrication, puisqu'elles pourraient être produites rapidement et par grandes surfaces. C'est du moins ce qu'espèrent les chercheurs.

Les cellules solaires au silicium amorphe ont cependant un talon d'Achille: leur rendement. Les meilleures cellules fabriquées en laboratoire jusqu'à présent ne convertissent que 7% de l'énergie lumineuse incidente en électricité. Les cellules solaires classiques, en comparaison, atteignent et dépassent même parfois un rendement de 20%.

"Lorsque les chercheurs ont commencé à s'intéresser au silicium amorphe", explique Yalon, "ils ont construit des modèles en se servant de billes et de bâtonnets qu'ils ont disposés de façon à ce que tous les atomes s'emboîtent exactement. Toutefois, dans un échantillon réel, il y a toujours quelques bâtonnets qui ne trouvent pas à s'emboîter, des liaisons qui manquent. Ces liaisons manquantes perturbent les propriétés électriques du silicium amorphe de telle façon que celui-ci ne répond plus du tout au dopage."

En 1975, un groupe de chercheurs écossais a finalement réussi à doper un échantillon de silicium amorphe. La raison de cette réussite, découverte par hasard et fortement contestée par plusieurs, serait la présence d'atomes d'hydrogène qui complèteraient les liaisons manquantes en se liant aux atomes de silicium. Le silicium amorphe hydrogéné peut être dopé. Cependant, ce matériau ne sera jamais, en raison de ses propriétés électriques inférieures, aussi efficace que le silicium cristallin mais on peut penser que ce désavantage sera compensé par son coût moins élevé. Depuis 1975, le silicium amorphe est devenu le principal espoir des chercheurs qui y voient une solution de remplacement possible aux cellules solaires classiques.

Au cours de l'année, les chercheurs de Montréal se sont employés à mettre au point et à automatiser leurs techniques d'expérimentation. Ils en ont retiré une meilleure connaissance du matériau qui leur a permis de fabriquer leurs premières cellules solaires: de petits carrés orange aux reflets irisés, pas plus gros que l'ongle. Jusqu'ici, le rendement de leur produit n'a rien d'extraordinaire; ils espèrent cependant l'améliorer par une étude systématique des conditions de fabrication. Il ne nous est pas possible actuellement de comprendre tout ce qui se passe dans le plasma, mais on parviendra, et cela suffit, à réunir les conditions voulues à l'intérieur du générateur de plasma pour obtenir l'optimisation des couches minces qui s'y forment en vue de convertir la lumière solaire en énergie électrique. C'est ce à quoi s'emploient les chercheurs des trois laboratoires qui collaborent à cette recherche: mesurer, à l'aide d'instru-

their first solar cells — thumbnail-sized squares of iridescent orange; to date, however, their products have not been very efficient. Fabrication — knowing and controlling what goes into a solar cell — is the key to improving efficiency. Understanding everything that happens in a complex plasma is not yet possible; but it will be possible, and sufficient, to learn how to control conditions in the plasma generator so that the thin films it deposits are optimized for turning sunshine into power. To this practical end, the three laboratories are collaborating in many measurements with many sophisticated instruments, all of which characterize samples of amorphous silicon.

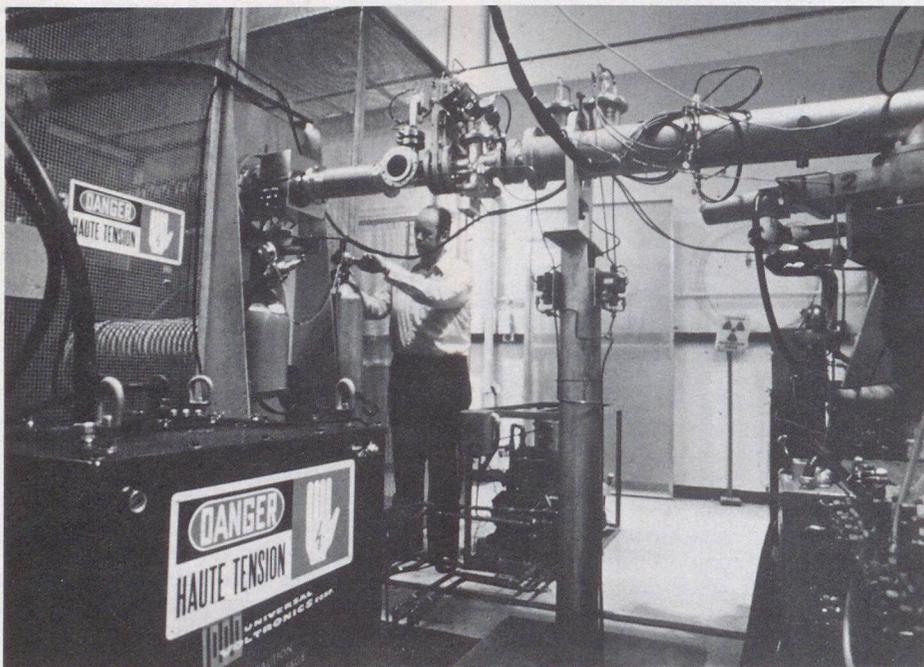
The engineering physics researchers, for example, use a mass spectrometer

to monitor the breakdown of silane ( $\text{SiH}_4$ ), the gas that flows into the plasma generator, and the source of the silicon and hydrogen in their samples. To make an instrument which measures electric currents induced in amorphous silicon by light, they have scavenged parts from an obsolete spectrometer.

Nearby, in the solid state physics lab, John Brebner describes an experiment to measure electron mobility. “We chart the decay of a pulse of current after flashing a laser at a sample. This gives us curves which we try to interpret. One can base guesses on how the material absorbs light and how fast electrons drift through it on the shape of these curves.” His smile is wry. “People in this field don’t want data;

## NSERC

Much of the support Mike Wertheimer and his scientific colleagues receive from the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC) is in the form of Strategic Grants. Such grants aid university scientists carrying out research in areas considered by NSERC to be of vital concern to Canada’s national interest. Last year (1981) NSERC awarded strategic grants worth over \$21 M to support research in the areas of communications, environmental toxicology, food and agriculture, oceans, energy, and other areas deemed of national concern by Canadian universities.



they want to know how data fits theory. But it’s difficult to do theory about such disorderly material.” Surrounded by lasers, microcomputers, and other high technology tools, Brebner adds: “Solid state physics used to be ‘little’ science. Now it’s getting to be as big and expensive as nuclear physics.”

A short walk from Brebner’s lab, housed in a windowless structure, is a dramatic example of the tools of big science. Jean-Pierre Martin of the Applied Nuclear Physics group leads a visitor from his office past a bank of computers, through a door (emblazoned with radiation warnings) to a room containing a huge steel apparatus. The Van de Graaff tandem accelerator is about as big as a couple of subway cars. Starting at one end, Martin traces the path followed by an atom of chlorine as it is first ionized, then accelerated by 5 million volts to an energy of 30 million electron volts, to race at one-thirtieth the speed of light (he rapidly makes a mental calculation) down one of the spokelike experimental lines fanning out from the end of the accelerator. At the end of the experimental line, shielded by a block of concrete, is the speeding ion’s destination: a sample of amorphous silicon.

The purpose of this elaborate experiment is to analyze content. It is very difficult to detect, amidst the heavier silicon, the light atoms of hydrogen. The technique which Martin and his colleagues have developed is a powerful and original way of finding just how much of the hydrogen, which so radically improves the electronic properties of amorphous silicon, there is in a sample. (The technique is called elastic recoil detection. When struck by chlorine bullets, hydrogen and other atoms recoil. Heavier atoms are

### What makes a solar cell work

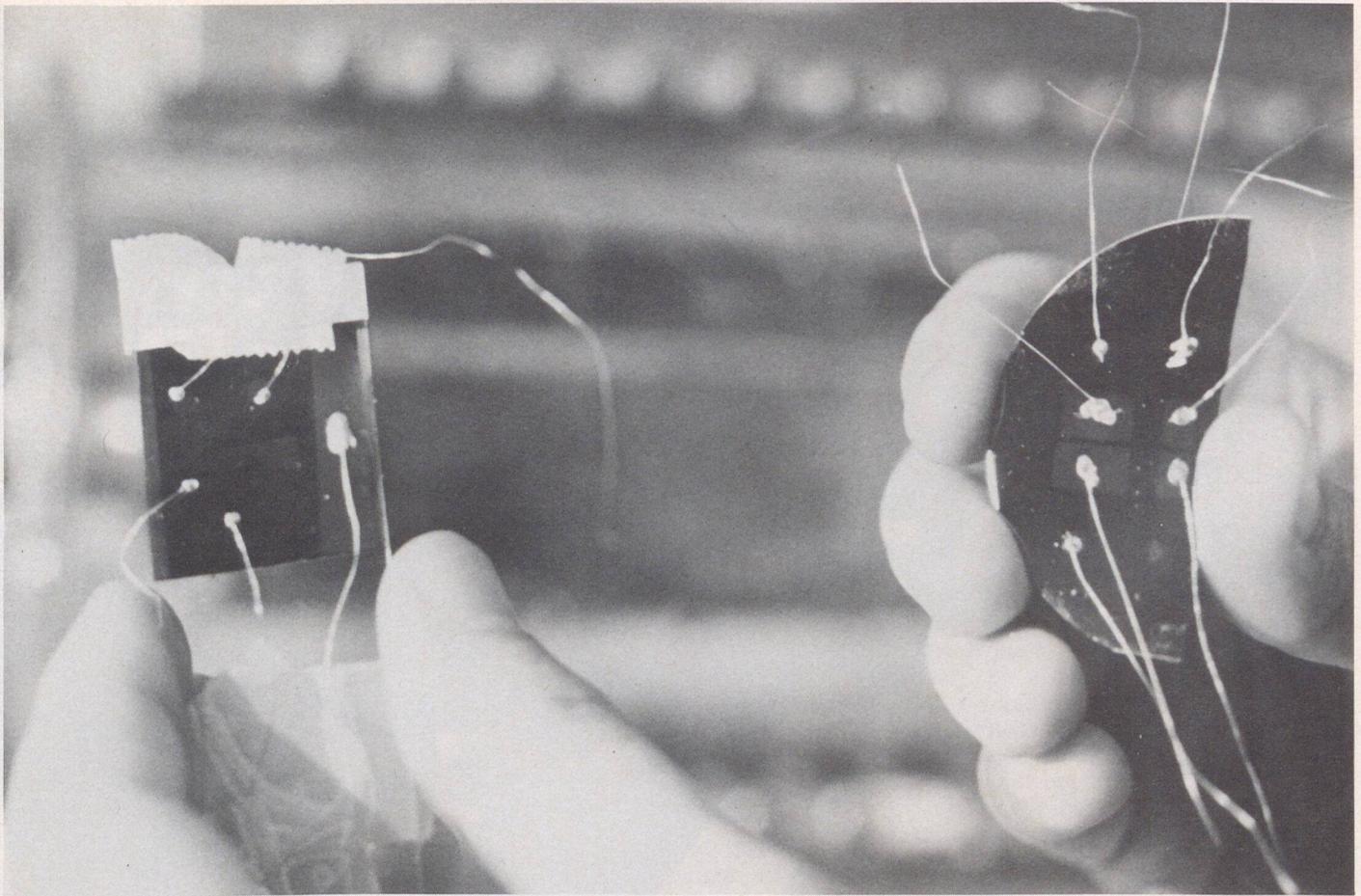
One way to visualize the way a solar cell converts light energy into electrical energy is to think of a traffic system controlling the movement of charges through a labyrinth of atoms.

The traffic is generated by light. When a photon of light (with the right energy or wavelength) strikes an atom in a solar cell, a bound electron is knocked out of its orbit to become free, a wandering negative charge. The departure of the electron leaves a hole, and the effect of such holes is to form free positive charges.

The traffic of these free charges is controlled by forces built into the very substance of the cell by a pro-

cess known as “doping.” Adding minute quantities of arsenic, for instance, to a thin layer of semiconducting material such as crystalline silicon creates a surplus of free negative charges in that layer. (Scientists refer to this as an *n*-type layer.) Adding boron to an adjacent layer creates a local surplus of free positive charges. (It becomes a *p*-type layer.) The result: an internal electrical field which sweeps free negative charges towards one side of the cell and free positive charges in the opposite direction.

Thus, when light shines on a cell, freeing charges, these flow to the top and bottom of the cell. From here, they can be gathered and put to work in just the same way that charges are drawn from the poles of a battery.



Products of this research: a metal-oxide-semiconductor field effect transistor (MOSFET) (left) and a solar cell (right).

Fruits de cette recherche: un transistor à effet de champ M.O.S. (métal, oxyde, semiconducteur), à gauche, et une cellule solaire, à droite.

ments ultraperfectionnés, les différentes caractéristiques des échantillons de silicium amorphe.

Pour ce faire, les chercheurs du Département de génie physique ont recours, entre autres, à un spectromètre de masse pour étudier la désintégration du silane ( $\text{SiH}_4$ ), ce gaz qui traverse le générateur de plasma et sert à produire le silicium et l'hydrogène de leurs échantillons. Pour mesurer les courants électriques induits dans le silicium amorphe par la lumière, ils ont fabriqué un autre instrument à partir de pièces prélevées sur un vieux spectromètre.

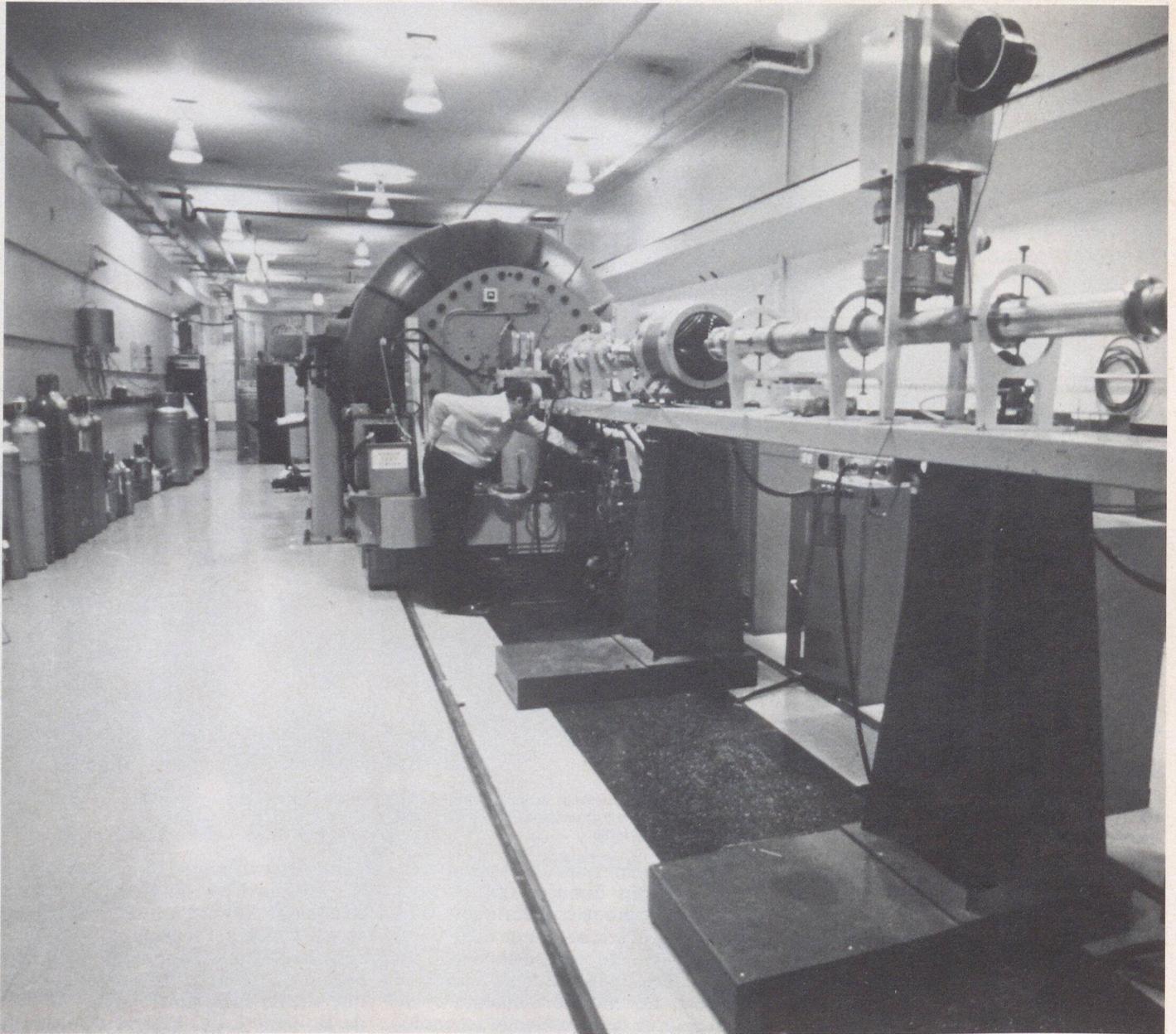
Non loin de là, dans le laboratoire de physique de l'état solide, John Brebner nous décrit une expérience visant à mesurer la mobilité des électrons. "Nous observons l'évolution dans le temps du courant produit lorsqu'on expose brièvement un échantillon à une impulsion laser. Il ne reste alors qu'à interpréter le graphique pour déterminer, à partir de la seule configuration des courbes obtenues, l'absorption de la lumière par le matériau et la vitesse de dérive des électrons." Il esquisse un sourire désabusé. "Les gens qui travaillent dans ce

domaine veulent plus que des chiffres; ils veulent des données qui puissent confirmer les modèles théoriques. Mais il est difficile d'élaborer une théorie qui rende compte du comportement d'un matériau aussi peu ordonné." Entouré de lasers, de micro-ordinateurs et de tout l'attirail de la nouvelle technologie, Brebner poursuit: "Jusqu'ici, la physique de l'état solide était considérée comme une science 'à petit budget'. Elle est maintenant en passe de devenir aussi importante et coûteuse que la physique nucléaire."

À peu de distance du laboratoire de Brebner, dans un bâtiment sans fenêtres, se trouvent des outils qui nous donnent une idée des proportions que la science à gros budget a prises ces dernières années. Jean-Pierre Martin, du laboratoire de physique nucléaire appliquée, est notre guide. En quittant son bureau, nous passons devant une impressionnante rangée d'ordinateurs, franchissons une porte (sur laquelle on peut lire: danger — radiation) puis accédons à une pièce où trône un mastodonte de métal: c'est le tandem Van de Graaff, un accélérateur aussi gros que deux wagons de métro. Martin nous indique, en commençant à

l'une des extrémités de l'accélérateur, le trajet suivi par un atome de chlore: celui-ci est d'abord ionisé; il est ensuite accéléré par une tension de 5 millions de volts, jusqu'à une énergie de 30 millions d'électrons-volts qui lui impartit une vitesse égale au trentième de celle de la lumière (ici Martin effectue un rapide calcul mental) au moment où il atteint l'autre extrémité de l'accélérateur d'où rayonnent les trajectoires expérimentales. Il emprunte une de ces trajectoires pour finalement atteindre son but: un échantillon de silicium amorphe, situé à l'extrémité de la trajectoire et entouré d'un blindage de béton.

Le but de cette expérience complexe est d'analyser la teneur en hydrogène de l'échantillon. Il est en effet très difficile de détecter les atomes d'hydrogène, plus légers, parmi les atomes lourds du silicium. Pour résoudre cette difficulté, Martin et ses collègues ont mis au point une technique raffinée qui permet de déterminer la quantité d'hydrogène, lequel, comme on le sait, joue le rôle d'un survolteur en améliorant les propriétés électroniques du silicium amorphe, que contient l'échantillon. (Cette technique se



screened by a mylar film, so that only hydrogen reaches a detector. Computer software then pinpoints, from considerations of angle and energy, the depth within the thin film from which the hydrogen was dislodged.)

The benefits to be reaped from the development of an inexpensive solar cell are impressive. Jim Bolton of the University of Western Ontario, solar researcher and enthusiast, has calculated that 10 per cent efficient cells mounted on the south-facing slopes of the roofs of every single family home in Canada could supply one per cent of all this country's energy in the year 2000. One per cent of our energy supply is far from negligible; it is a contribution roughly equivalent to that now made by nuclear power — and solar cells do not pollute, nor will the sun fail to shine.

Impressive, too, are the profits which await the company that puts an inexpensive solar cell on the market. Firms such as Exxon, IBM, RCA, and Xerox have large research teams at work on amorphous silicon. "Our ambition," Yelon says, "is not to beat them, but to contribute to the research effort so that, when the market takes off, Canada will not be excluded from the field. We've got the jump on the competition in two things: our fabrication technique — microwave plasma generators are fast and easily scaled-up — and our nuclear technique for measuring hydrogen content."

The era of thin-film low-cost solar cells has already opened. Last July, John Currie, a member of the *Polytechnique* team, was in Grenoble, France, at an international conference on amorphous and liquid semiconduc-

**Dr. Jean-Pierre Martin and the Van de Graaff tandem accelerator, a powerful and original way to determine the amount of hydrogen in a sample of amorphous silicon.**

**Le Dr Jean-Pierre Martin, aux côtés du tandem Van de Graaff: une technique raffinée qui permet de déterminer la quantité d'hydrogène que contient un échantillon de silicium amorphe.**

tors. There, he was shown pocket calculators manufactured, and now being marketed, by a Japanese company. The calculators are powered by 3 per cent efficient solar cells made from amorphous silicon. □

**Séan McCutcheon**

*Séan McCutcheon is a freelance writer working in Montreal.*



### Principe de fonctionnement d'une cellule solaire

Une façon de visualiser la manière dont une cellule solaire convertit l'énergie lumineuse en énergie électrique consiste à se représenter un système de forces électromotrices qui permet de diriger le déplacement de charges électriques à travers un labyrinthe d'atomes, un peu comme un système de signalisation permet de diriger la circulation routière.

Le signal du départ est donné par la lumière. Un photon de lumière (d'énergie ou de longueur d'onde reuise) frappe un atome dans la cellule solaire et éjecte de son orbite un électron lié, lequel se transforme alors en charge négative libre. Le départ de cet électron crée un trou qui, lui, correspond à une charge positive libre.

On parvient à diriger la circulation des charges libres en introduisant, dans la substance même de

la cellule, des forces électromotrices par un processus connu sous le nom de "dopage". Le fait, par exemple, d'ajouter d'infimes quantités d'arsenic à une mince couche d'un matériau semiconducteur, tel que le silicium cristallin, crée un surplus de charges négatives libres (ou dans le jargon des scientifiques, une couche de type *n*). De la même manière, en ajoutant du bore à une couche adjacente du même matériau, on crée cette fois un surplus localisé de charges positives libres (ou couche de type *p*). Le résultat: un champ électrique interne où les charges négatives libres sont dirigées vers une des bornes de la cellule tandis que les charges positives libres sont dirigées vers la borne opposée.

Par conséquent, lorsque la lumière frappe la cellule, elle libère des charges qui sont dirigées soit vers le haut, soit vers le bas de celle-ci; on recueille ces charges aux bornes de la cellule et on les utilise de la même façon que l'on utilise l'énergie tirée des pôles d'une pile.

nomme la détection du recul élastique. Les atomes d'hydrogène, tout comme les atomes lourds de l'échantillon, reculent lorsqu'ils sont heurtés par des projectiles de chlore; les atomes lourds sont arrêtés par une feuille de mylar de sorte que seul l'hydrogène atteint le détecteur. Connaissant les paramètres angulaires et énergétiques des atomes d'hydrogène, on peut ensuite, à l'aide d'un programme d'ordinateur, calculer

avec précision le point d'où ils ont été délogés dans la couche mince.)

La mise au point d'une cellule solaire bon marché représenterait une percée importante. Jim Bolton, de l'Université de Western Ontario, qui est un chercheur et un promoteur enthousiaste du solaire, a calculé que des cellules solaires d'un rendement de 10% montées sur le versant sud du toit de chaque maison canadienne pour-

raient facilement satisfaire à 1% des besoins énergétiques canadiens en l'an 2000. Ce pourcentage est loin d'être négligeable: il correspond approximativement à la contribution actuelle de l'énergie nucléaire... sans compter que les cellules solaires sont non polluantes et l'énergie du Soleil, inépuisable.

Mais les bienfaits de la mise au point de cellules solaires bon marché ne s'arrêtent pas là: la firme qui commercialisera de telles cellules empochera des bénéfices considérables; aussi des entreprises comme Exxon, IBM, RCA ou Xerox ont-elles affecté des ressources importantes à la recherche sur le silicium amorphe. "Notre ambition", précise Yelon, "n'est pas de leur couper l'herbe sous le pied mais plutôt de contribuer à l'avancement de la recherche afin que, lorsque ce marché s'ouvrira, le Canada ne soit pas exclu. Nous avons déjà deux chevaux d'inscrits dans la course: notre technique de fabrication, c'est-à-dire des générateurs de plasma par micro-ondes qui sont rapides et dont la capacité peut facilement être augmentée, et notre technique de détection nucléaire pour mesurer la teneur en hydrogène."

L'ère des cellules solaires à couches minces bon marché est proche. En juillet dernier, John Currie, membre de l'équipe de Polytechnique, s'est rendu à Grenoble, en France, pour assister à une conférence internationale sur les semiconducteurs liquides et amorphes; il a pu y examiner des calculatrices de poche de fabrication japonaise, maintenant commercialisées, alimentées par des cellules solaires au silicium amorphe ayant un rendement de 3%. □

Texte français: Line Bastrash



# The 50th anniversary of the Sussex Drive laboratories

## Search and marvel

Shortly after ten o'clock on the evening of Wednesday, August 10, 1932, Canada's Prime Minister, R.B. Bennett, invited the Governor General to declare the National Research Laboratories open. Following the ceremony, some 2000 invited guests listened to a short talk by the Council's President, Dr. H.M. Tory, and "a complete stanza of 'God Save the King.'" As the opening was planned to coincide with the Imperial Economic Conference, the wives of many Commonwealth prime ministers were present and, in the words of a reporter from "The Citizen," their gowns "formed a beautiful contrast to the pale yellow walls."

A sample bathed by ultraviolet light in the cavity of an electron spin resonance spectrometer.

Un échantillon éclairé à l'ultraviolet dans la cavité d'un spectromètre de résonance paramagnétique électronique.

On the following day, Britain's Prime Minister, Stanley Baldwin, presented "portraits of eminent scientists" for the building, and members of the public were conducted on tours. From its Doric columns, twin bronze doors, Georgian-style Board Room, and President's Office to its richly decorated library ceiling, the building must have seemed more like a museum of art than a scientific laboratory.

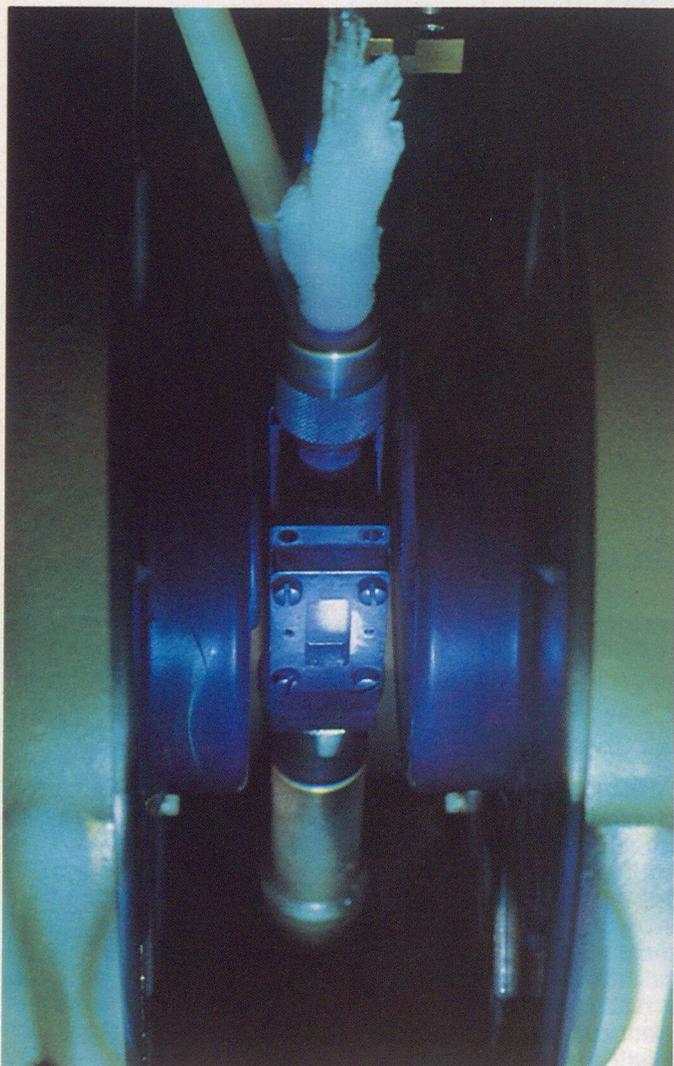
The idea for such an elaborate design arose from the previous prime minister, W.L. Mackenzie King, who had planned an avenue of impressive buildings leading up to the Governor General's residence. However, in all this decoration, science was not to be forgotten. Dr. Tory had visited laboratories in France, Germany, Japan, and the United Kingdom, and the architects Henry Sproatt and Ernest Rolph had studied the most modern facilities in the United States.

At its opening, the building housed the Divisions of Physics and Engineering, Research Information, Biology and Agriculture, and Chemistry. In addition to two exhibition halls, the laboratories contained displays on ultrasonics, electrical standards, radium, plastics, and minerals, together with the less glamorous topics of apple, honey, and laundering chemistry.

Scientists who have worked in the Sussex Drive laboratories over the building's 50 years have a fondness and even an affection for the building. It was here that Gerhard Herzberg carried out the spectroscopic research that won him a Nobel Prize and former NRC President, Dr. E.W.R. Steacie,

High-latitude research into the upper atmosphere is carried out through operations of the Canada Centre for Space Science.

Dans le cadre des activités du Centre canadien des sciences spatiales, on étudie les phénomènes intervenant dans la haute atmosphère.



# Le 50<sup>e</sup> anniversaire des laboratoires de la promenade Sussex Chercher et s'émerveiller

Peu de temps après que l'horloge eût sonné 22 heures, dans la soirée du 10 août 1932, M. R.B. Bennett, à l'époque premier ministre du Canada, invita le Gouverneur général à proclamer l'ouverture officielle des laboratoires du Conseil national de recherches. Après la cérémonie, le Dr H.M. Tory, alors président du Conseil, adressa une courte allocution aux quelque 2 000 invités présents et ceci fut suivi du "God Save the King". Comme cette inauguration avait été prévue de façon à coïncider avec une conférence économique de l'empire britannique, les épouses de nombreux premiers ministres du Commonwealth y assistèrent et, au dire d'un des journalistes du "Citizen", leurs parures "contrastèrent merveilleusement avec la pâleur des murs."

Le jour suivant, M. Stanley Baldwin, premier ministre britannique, offrit aux laboratoires des "portraits de scientifiques éminents" et des visites de l'édifice furent organisées à l'intention du public. Avec ses colonnes doriques, ses doubles portes de bronze, sa salle de conférences de style georgien, son bureau présidentiel imposant, sa bibliothèque au plafond garni de décorations somptueuses, cet édifice devait plutôt ressembler à un musée d'art qu'à un laboratoire de recherche.

L'idée de donner à ces laboratoires une apparence aussi élaborée venait du premier ministre W.L. MacKenzie King qui voulait que le chemin conduisant à la résidence du gouverneur général fut jalonné d'édifices imposants. Toutefois, en dépit de tous ces ornements, la mission scientifique de ces installations ne devait pas être oubliée. En fait, avant leur construction, le Dr Tory avait même visité des laboratoires de recherche en France, en Allemagne, au Japon et au Royaume-Uni, et les architectes Henry Sproatt et Ernest Rolph avaient étudié les plus modernes installations américaines.

Au moment de son inauguration, l'édifice de la promenade Sussex comprenait les Divisions de physique et de génie, d'information scientifique, de biologie et d'agriculture et de chimie. En plus des deux pavillons consacrés aux expositions, les laboratoires offraient des présentations sur les ultrasons, les étalons électriques, le radium,

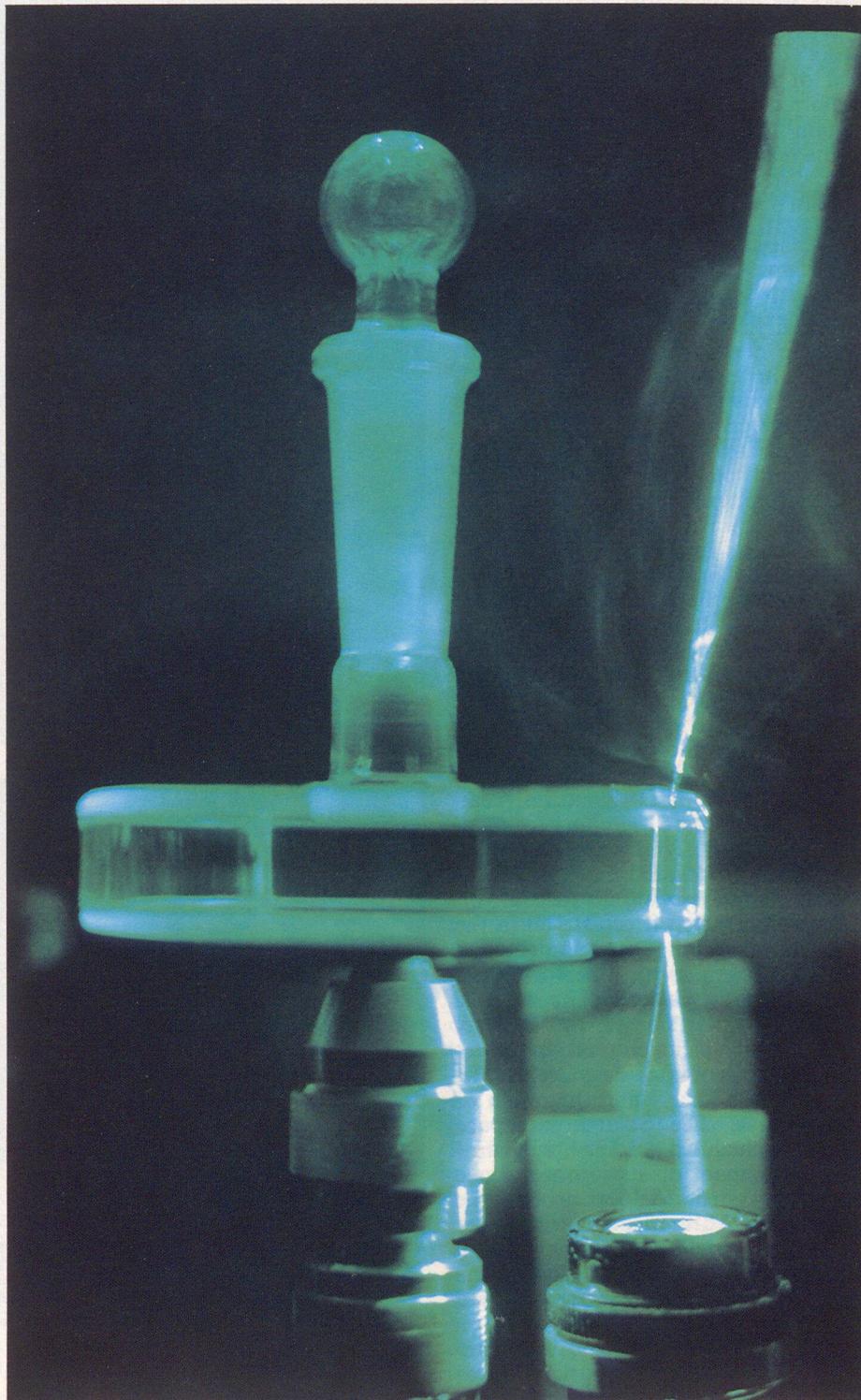
La spectroscopie Raman constitue une méthode d'analyse chimique très utile, notamment pour l'étude des grosses molécules biologiques.

Raman spectroscopy provides chemists with an analysis technique particularly useful in studying larger, biological molecules.

les plastiques et les minéraux ainsi que sur des sujets de moindre importance comme les pommes, le miel et la chimie du blanchissage.

Les scientifiques qui ont travaillé dans les laboratoires de la promenade Sussex depuis leur ouverture ont toujours éprouvé un grand attachement

envers l'édifice. C'est là que le Dr Gerhard Herzberg effectua les travaux de recherche en spectroscopie qui lui valurent un prix Nobel, et c'est ici encore que l'ancien président du CNRC, le Dr E.W.R. Steacie, effectua des travaux de pionnier sur les radicaux libres et dans le domaine de la photo-



Precise measurements of water pollutants are carried out in the Division of Chemistry.

La concentration des polluants de l'eau est mesurée avec précision à la Division de chimie.

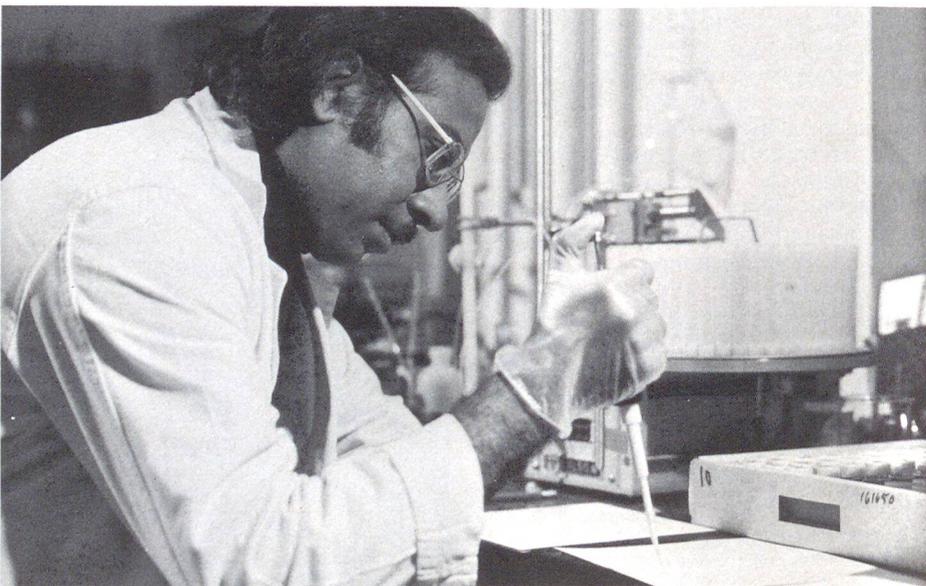
did his pioneer work on free radicals and photochemistry. Less well known perhaps is that, during the first years of the war, George C. Laurence built an atomic pile inside the building using uranium oxide borrowed from Eldorado Gold Mines Ltd. Laurence, aided by another NRC physicist, Dr. B.W. Sargent, was able to generate a "flux" of neutrons as high as 90 per cent of that needed to get the atomic chain reaction going. Impurities in the carbon moderator absorbed too many of the neutrons created in uranium fission. Ottawa just missed being the site of man's first nuclear chain reaction.

A centralized laboratory, like the Sussex Drive building, can have a marked effect on the scientists who occupy it, particularly when they meet informally, for it is such contacts that generate new ideas. One of the most significant events in the building's history was the formation of the Herzberg Institute of Astrophysics where spectroscopists, radio astronomers, and planetary scientists work side by side, exchanging ideas with the chemists down the corridor, and even the biologists further along.

This collaboration plays an important part in the success of scientific investigation. Radio astronomers are now concentrating on a search for large molecules and radicals in interstellar space. For their part, the spectroscopists attempt to create these molecules (which often have only fleeting lifetimes) in the laboratory so that their spectroscopic "signatures" can be identified before searching for them among the stars. To this end, improved techniques in infrared and microwave spectroscopy are being developed.

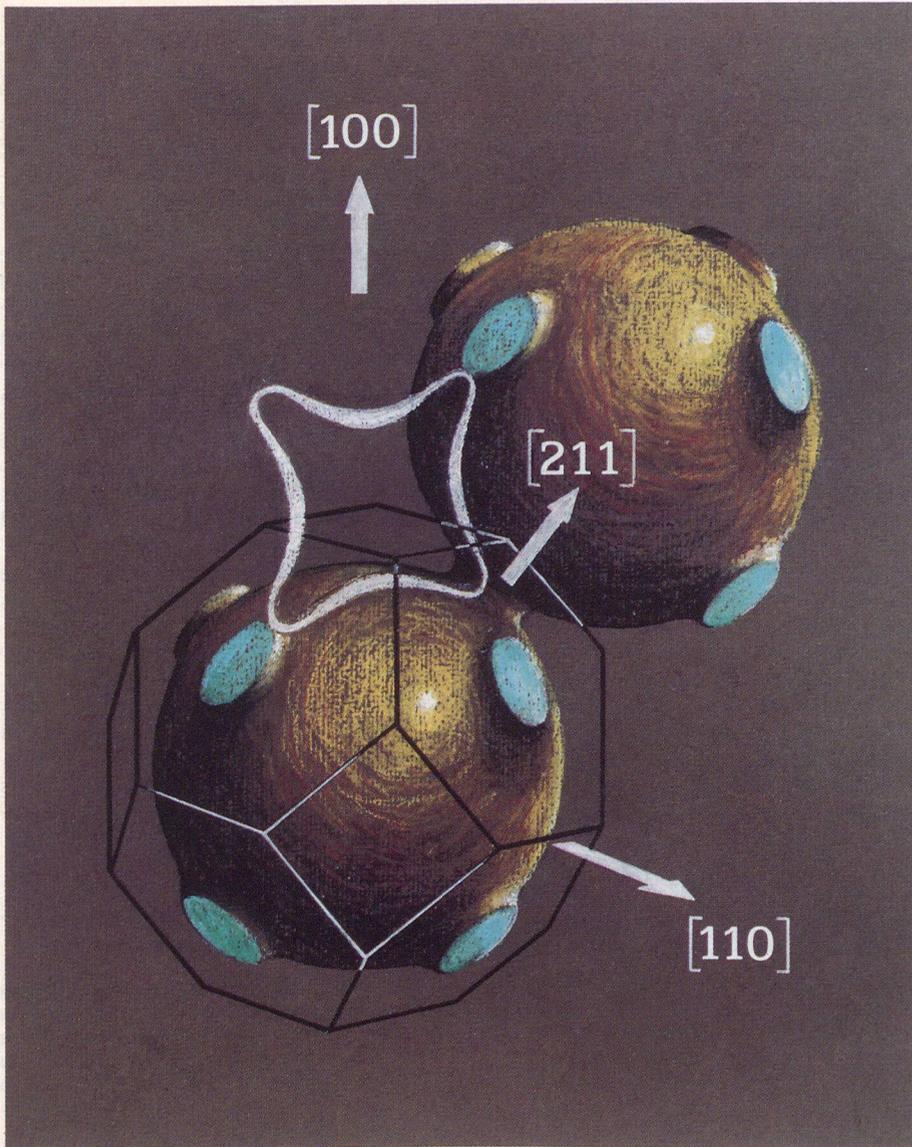
Although their offices are all in the building, the radio astronomers and planetary scientists must perform their observations elsewhere. The Cosmic Ray Telescope, located on Mackay Street, will yield important clues during the coming decade on the nature of the galaxy and the origin of cosmic rays. The Solar-Polar space mission, scheduled for 1984, will carry NRC equipment on its journey above the solar system to loop around the sun's poles. This, together with other rocket and satellite experiments, will give scientists new information on the affects of the sun's magnetic field and the solar wind on the planets.

The Council's biologists, who concentrated primarily on agriculture at the time, were unable to provide a dis-



Dr. Saran Narang seeks the pathway to rapid, inexpensive production of insulin.

Le Dr Saran Narang essaie de mettre au point un procédé rapide et peu coûteux de synthèse de l'insuline.



La «surface de Fermi» est une représentation tridimensionnelle imaginaire des trajectoires et des niveaux d'énergie des électrons dans le cuivre.

The so-called Fermi surface, an imaginary three-dimensional picture of electron paths and energies in copper metal.

chimie. Et, chose peut-être moins connue, c'est aussi à cet endroit que le Dr George C. Laurence mit au point, au début de la guerre, un réacteur atomique utilisant de l'oxyde d'uranium emprunté à la compagnie Eldorado Gold Mines Ltd. Ce dernier, en collaboration avec le Dr B.W. Sargent, autre physicien du CNRC, réussit à produire un faisceau de neutrons atteignant 90% de l'intensité nécessaire pour déclencher une réaction en chaîne. Mais le bon déroulement de cette réaction fut entravé par les impuretés du modérateur nucléaire qui absorbaient un trop grand nombre des neutrons libérés lors de la fission de l'uranium. Ainsi, Ottawa manqua de peu de devenir le siège de la première réaction nucléaire contrôlée.

La centralisation de divers laboratoires sous un même toit, comme dans le cas de l'édifice de la promenade Sussex, peut s'avérer très intéressante pour les scientifiques de diverses voca-

tions, en ce sens qu'elle favorise les rencontres officielles d'où naissent souvent de nouvelles idées. L'un des événements les plus remarquables de l'histoire de cet édifice a été la création de l'Institut Herzberg d'astrophysique où des spécialistes dans les domaines de la spectroscopie et des sciences planétaires ainsi que des radioastronomes travaillent côte à côte échangeant des idées avec les chimistes qui sont leurs voisins de palier et même avec les biologistes qui se trouvent à peine plus loin.

Ce type de collaboration joue un rôle important dans la recherche scientifique. En effet, tandis que les radioastronomes recherchent de grosses molécules et des radicaux dans l'espace interstellaire, les spécialistes en spectroscopie essaient, dans leur laboratoire, de synthétiser ces composés (dont la durée de vie est souvent extrêmement brève) et de déterminer leur spectre pour aider leurs collègues à les identi-

fier. Dans le cadre de ces travaux des techniques perfectionnées de spectroscopie dans l'infrarouge et aux micro-ondes ont été mises au point.

Bien que leurs bureaux se trouvent au sein de cet édifice, les radioastronomes et les spécialistes des sciences planétaires doivent effectuer leurs observations ailleurs. Au cours de la prochaine décennie, un instrument situé sur la rue MacKay permettra d'obtenir des données importantes sur la nature de notre galaxie et sur l'origine des rayons cosmiques. Dans le cadre de la Mission polaire-solaire internationale prévue pour l'année 1984, une sonde spatiale solaire équipée d'instruments scientifiques du CNRC s'aventurera dans le système solaire et décrira un cercle autour des pôles du Soleil. Cette mission ainsi que d'autres expériences qui comporteront le lancement de fusées et de satellites permettront aux scientifiques d'acquérir de nouvelles connaissances sur l'effet des vents solaires et du champ magnétique de cette étoile sur les planètes.

Il y a cinquante ans, les biologistes du Conseil, dont les travaux touchaient principalement à l'agriculture, n'avaient pas été en mesure de participer à l'exposition inaugurale des laboratoires de la promenade Sussex car ils venaient à peine de s'installer à Ottawa. Aujourd'hui, ils sont à la pointe des événements dans l'un des domaines les plus passionnants de la Science: le génie génétique.

Les généticiens essaient d'exploiter les capacités de la cellule vivante en introduisant dans son matériel génétique l'information nécessaire à la synthèse de substances de grande valeur médicale ou industrielle. Bien que certains chercheurs se servent notamment de la bactérie *Escherichia coli* pour les travaux de recombinaisons génétiques, les biologistes de la promenade Sussex ont commencé à utiliser des levures. Ils estiment que l'industrie pourra plus facilement exploiter des levures ayant acquis des caractéristiques recherchées à la suite de modifications génétiques étant donné qu'elle dispose déjà, notamment dans le domaine de la fermentation, des techniques et de l'équipement nécessaires à la culture de ces organismes. Les prochains projets de recherche prévus dans ce domaine porteront sur l'utilisation de levures pour la production industrielle d'insu-

play for the building's opening 50 years ago, as they had just moved from Edmonton. Today, however, they are at the leading edge of one of the most exciting areas in science — genetic engineering.

The genetic engineer attempts to harness a cell's chemical factory by programming its internal genetic information to produce substances that are medically or industrially important. Whereas other laboratories work primarily with the bacterium *Escherischia coli*, the Sussex Drive biologists have extended their sphere of activity to include yeasts in their program of gene manipulation. They feel that industry, particularly in the field of brewing, already understands how to grow and handle conventional yeasts in bulk so that it will be easier for it to adapt to genetically altered yeasts than to bacteria like *E. coli*. Future projects include the manufacture of insulin, the conversion of wood pulp into alcohol, and the single-stage fermentation of starches using modified yeasts.

Another research frontier is the creation of cloned cell cultures which produce specific antibodies, the proteins which protect the body from invasion. The human body contains a host of different "identity cards," or antigens that carry information on blood group and tissue type. Antibody clones are specific and react with only one "identity card" in the body. As such, these clones can be used by the doctor to map the various antigens in a patient. In future, tissue matching before an organ transplant will be performed by antibody clones. Doctors will also use them to diagnose a particular disease, monitor a drug, or even detect an early tumor using a few drops of the patient's blood serum.

Other work in the Division includes the development of new vaccines and monitoring kits, research on the treatment of sewage and industrial organic wastes, and fundamental work on the structure and nature of the membrane

surrounding the living cell.

Until about 15 years ago the chemists who occupied the Sussex Drive laboratories were known as "pure chemists." This distinction between "pure" and "applied" chemistry is blurring as fundamental research more and more often shows industrial applications. Laser chemists, for example, are investigating molecular reactions that are effected by light. Their aim is to show how powerful lasers can be used to improve the efficiency of the chemical industry. One promising line of application is in the laser-mediated manufacture of vitamin D. Laser production of the medically important isotope carbon 13 is also being studied.

Other chemists employ advanced techniques to prepare thin films of semiconducting materials in order to investigate their physical properties. The methods used in this thin film preparation all have potential applications in the electronics industry. The films, either simple or complex semiconductors, may be used in future devices such as lasers, detectors, solar cells and so on. The research aims at defining the structural, optical, and electrical properties of these important materials.

For several years, organic chemists have been working with substances that slow or halt the growth of cancerous tumors. This research concentrates both on finding new ways of synthesizing natural antitumour agents in the laboratory and building chemical structures capable of "targeting" on tumors and destroying them. An example of the latter approach involves the body's hormones, which target on specific tissues; by attaching to a hormone a chemical group that will cause the molecule to bond to the "receptor site" on the target cells, scientists hope to create drugs which can be used to treat the tissue when it develops a tumor.

Hydrocarbon chemists working on the way living cells prevent rancidity of their membrane fatty acids have identi-

fied vitamin E as the substance protecting them from this oxidative breakdown. When such agents as drugs, ultraviolet light, and radiation initiate rancidity by creating destructive "free radicals" in the fatty acids, vitamin E inhibits the process by effectively neutralizing the free radicals before they can do further damage.

100 Sussex Drive also serves as the home for NRC's recently established Canada Centre for Space Science (CCSS), whose purpose is to oversee a space science program involving scientists and engineers from universities, government, and industries. The Centre plans and evaluates space science activities, provides funding and managerial expertise to programs, and acts as an interface between scientists and industries.

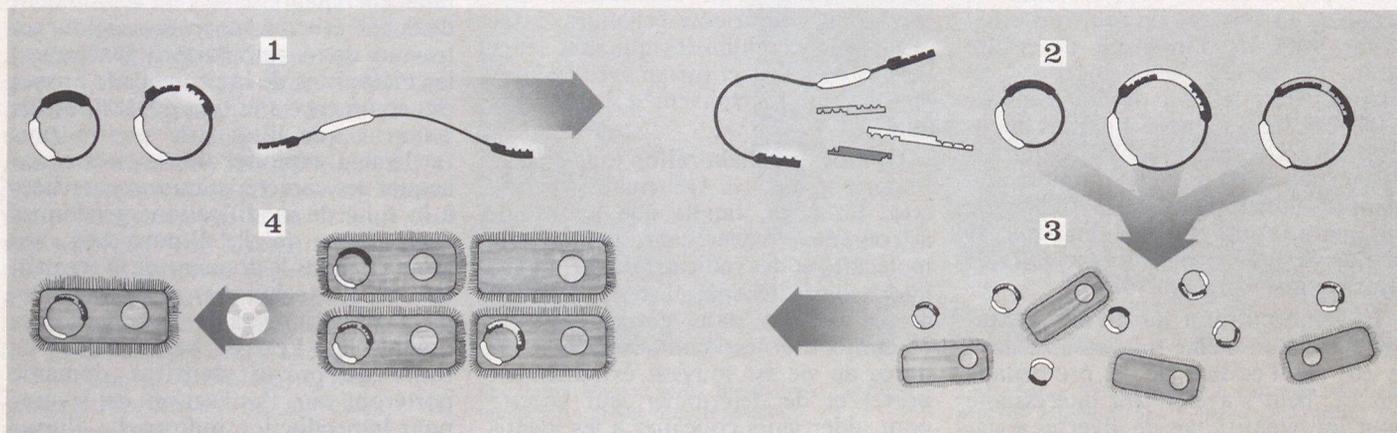
On this 50th anniversary of the Sussex Drive laboratories, the scientists can look back on the high quality of research and the distinguished researchers who have worked in the building. However, to most of these scientists the next half century must appear even more exciting. "The More thou Searchest, the More thou Shall Marvel" reads part of the text inscribed in the stonework above the building's entrance. □

#### David Peat

*Dr. F. David Peat is a freelance writer working in Ottawa.*

Recombinant DNA research, an important part of the Sussex Drive scientific program, involves loops of bacterial DNA called plasmids. These are first opened by enzymes (1), re-annealed with the valued DNA included (2), inserted back into the host bacteria (3) which then grow, reproducing the valued DNA.

Les travaux de recombinaison génétique, qui constituent une partie importante de l'activité scientifique des laboratoires de la promenade Sussex, utilisent les boucles d'ADN bactérien appelées plasmides. Ces derniers sont coupés à l'aide d'enzymes (1) et un segment d'ADN portant le code génétique recherché est collé à leurs extrémités (2); les plasmides ainsi recombinés sont introduits dans des bactéries (3) qui, en se multipliant, reproduisent l'ADN désiré.



line, la conversion du bois en alcool et la fermentation directe des amidons.

La culture de cellules clonées pour la production d'anticorps spécifiques, protéines qui protègent l'organisme contre les infections, constitue un autre domaine de pointe de la recherche biologique. Le corps humain comprend également toute une série de "cartes d'identité" ou antigènes qui contiennent l'information relative au groupe sanguin et aux différents tissus. Les anticorps clonés sont des substances spécifiques qui ne réagissent qu'avec un seul antigène de l'organisme et, en cette qualité, ils peuvent être utilisés en médecine pour la détection de divers antigènes chez un malade. Ces substances serviront également, dans l'avenir, à la sélection de tissus pour les greffes d'organes, au diagnostic de maladies particulières, au monitoring de l'activité de médicaments ou même à la détection précoce de tumeurs à partir de quelques gouttes de sérum d'un malade.

Au nombre des autres activités de la division on peut citer la mise au point de nouveaux vaccins et de trousse de monitoring, des travaux de recherche sur le traitement des eaux usées et des déchets organiques industriels ainsi que l'étude de la nature structurale et physiologique de la membrane cellulaire.

En ce qui concerne les chimistes, il y a environ quinze ans, leurs travaux

étaient considérés comme de la recherche pure. Aujourd'hui, la distinction que l'on fait entre recherche "pure" et recherche "appliquée" est équivoque car la recherche pure aboutit de plus en plus souvent à des applications industrielles. Les chimistes spécialisés dans le domaine des lasers, par exemple, étudient l'effet de la lumière sur les réactions moléculaires. Leur objectif est de démontrer que l'efficacité des procédés employés par l'industrie chimique peut être améliorée au moyen de lasers puissants et la fabrication de la vitamine D est un domaine qui pourrait particulièrement bien bénéficier de cette technologie. Ils étudient également l'utilisation des lasers pour la production de l'isotope 13 du carbone qui présente un grand intérêt sur le plan médical.

D'autres chimistes préparent, à l'aide de techniques de pointe, des couches minces de matériaux semiconducteurs en vue d'étudier leurs propriétés physiques. Les procédés utilisés dans ce domaine laissent entrevoir des applications potentielles dans l'industrie de l'électronique. Ces couches minces, constituées de semiconducteurs simples ou complexes, pourraient servir dans la fabrication d'une variété de dispositifs comme, par exemple, des lasers, des détecteurs, des piles photovoltaïques, etc. L'objectif de la recherche effectuée dans ce domaine est de définir les pro-

priétés structurales, optiques et électriques de ces matériaux importants.

Depuis plusieurs années, les organiciens étudient certaines substances qui ralentissent ou arrêtent le processus de cancérisation. Leurs travaux portent sur la synthèse en laboratoire de nouveaux agents anticancéreux naturels et de composés chimiques capables de "détecter" des tumeurs cancéreuses et de les détruire. Dans le cadre de ces travaux on étudie, par exemple, des hormones humaines attirées par des tissus particuliers. En attachant à ces substances des radicaux manifestant une affinité avec le "site récepteur" de cellules cibles, les scientifiques espèrent obtenir des composés pouvant servir au traitement de tumeurs cancéreuses.

Les chimistes s'intéressent également aux mécanismes qui empêchent le rancissement des acides gras de la membrane cellulaire. Ils ont prouvé que la vitamine E était l'élément qui protégeait ces substances contre l'effet destructif de l'oxydation. Lorsque certains agents comme, par exemple, les médicaments, le rayonnement ultraviolet et les radiations déclenchent le rancissement des acides gras en provoquant la formation de "radicaux libres", la vitamine E neutralise ces derniers et interrompt, de ce fait, le processus de détérioration.

L'édifice de la promenade Sussex est également le siège du Centre canadien des sciences spatiales (CCSS) qui a été récemment créé en vue d'administrer un programme de recherche spatiale auquel participent des scientifiques et des ingénieurs d'universités, du gouvernement et de l'industrie. Cet organisme a également pour mission de planifier et d'évaluer les activités dans le domaine des sciences spatiales et d'assurer le financement et la gestion des programmes ainsi qu'une liaison entre les scientifiques et l'industrie.

À l'occasion de ce 50<sup>e</sup> anniversaire des laboratoires de la promenade Sussex, les scientifiques peuvent se remémorer la recherche de haute qualité qui a été effectuée dans ces installations et les chercheurs éminents qui y ont participé. Bien qu'à la suite d'un demi siècle de progrès leurs aspirations ne soient plus les mêmes, il ne reste pas moins que comme eux ils auront cherché et comme eux ils se seront émerveillés. Pour immortaliser cet aspect, les vers suivants, tirés des livres apocryphes d'Esdras, ont été gravés dans la pierre, à l'entrée principale de ces laboratoires: "La vérité surpasse tout en grandeur et en puissance: elle dure et reste toujours forte, elle vit et conquiert toujours davantage. Plus tu la chercheras, plus tu t'émerveilleras." □

Texte français: Annie Hlavats

Visitors to Sussex are welcomed by this sweeping staircase.

Les personnes qui visitent l'édifice de la promenade Sussex doivent emprunter cet escalier imposant.



# Canadarm: the background

## Graphite bones, copper nerves

In 1974 Thomas Paine, then Administrator of NASA, visited Canada bearing a proposal: help the United States build its radical new Space Transporta-

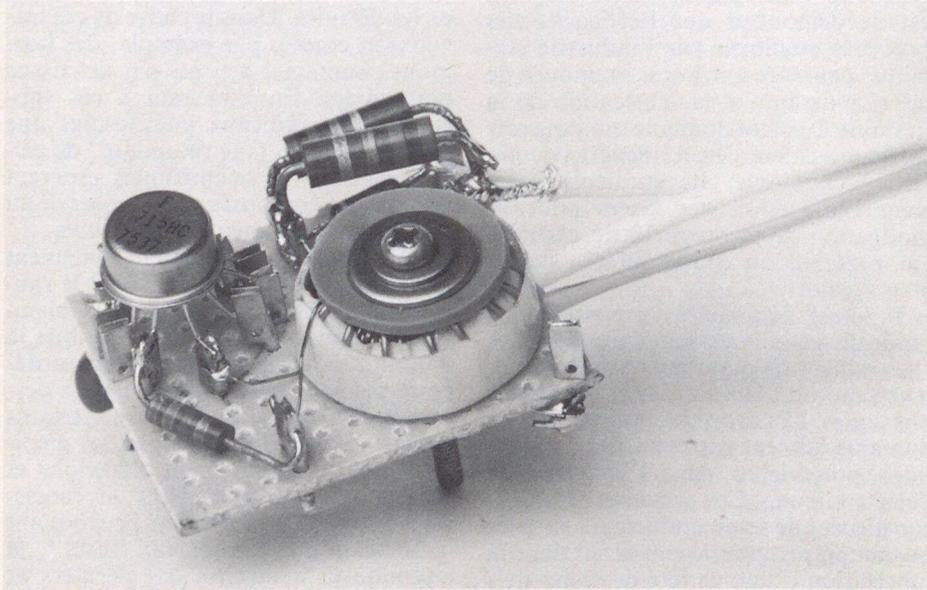
tion System — the “Space Shuttle.” Canada carefully reviewed its capabilities and chose to construct the Shuttle Remote Manipulator System: the

RMS, or Canadarm. Canada would pay the cost of developing the first Canadarm flight hardware, destined for the Shuttle orbiter *Columbia*. In return, NASA contracted to buy at least three more Canadarms from the prime contractor, Spar Aerospace of Toronto. Canadians would be afforded preferential access to Shuttle launches to develop an extensive space program. We could assemble a team of world calibre in one of the future’s key technologies, robotics. And we could show the world (including those of our own nation who still do not believe in Canadian excellence) how much Canada can achieve.

The Government of Canada designated the National Research Council as co-signer with NASA of a memorandum of understanding for Canadarm. Since then, specialists from four divisions of NRC have contributed to the Canadarm project, together with their counterparts from industry and other government departments. What’s in an arm? Canadarm is a robot analogue of the human arm — its nerves of copper, its bones of graphite-fibre-synthetic tubes, and its muscles of electric motors. Each of these motors is no larger than a telephone handset, and works on direct current. Serviced by gear boxes with gear ratios in the order of 1800:1, the motors lie buried in Canadarm’s metal joints. Unloaded, the arm can move its tip at about 70 cm/s. This diminishes to 5 cm/s under its maximum load-carrying capability of almost 30 t.

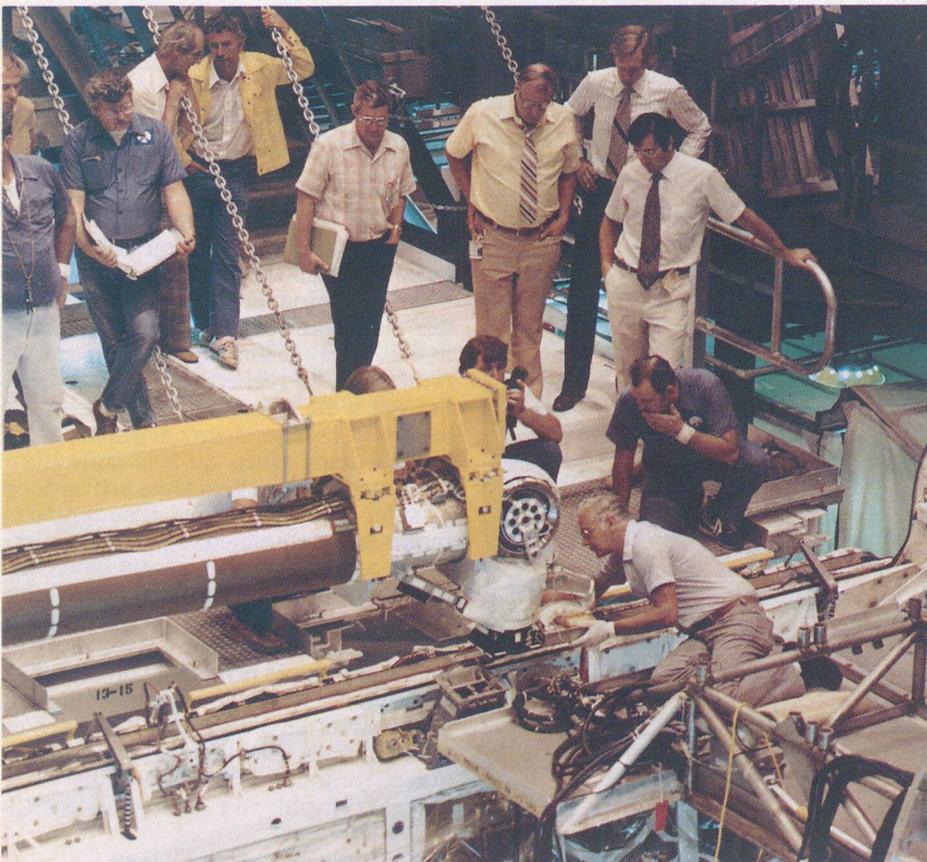
Every part of Canadarm had to be thought through from scratch. NASA’s design requirements were severe — stiffness, weight, heat tolerance, toughness, and the like. Often, new techniques had to be devised to produce parts meeting all these demands. For example, a perfect material was found for manufacture of some of the gears — Type 302 stainless steel alloy. But after a toughening heat treatment, the machined gears shrank a few micrometres — enough to throw off tolerances. (The thickness of this sheet of paper is about 100  $\mu\text{m}$ .) Initial heat treatment of the gear blanks (discs from which gear teeth are cut) would make machining impossible; the alloy would be too hard. Accordingly, Spar machined the gears oversize by the shrinkage amount, then heat-treated them *until they shrank to proper size*.

Much of Canadarm’s initial \$100 M cost went for testing. Designed to work in airless, weightless space, the arm



From breadboard to on-board: small components were assembled and tested innumerable times before the final product was mated to the shuttle in 1981.

De la planche à dessin au montage final: les petits éléments constitutifs ont été assemblés et testés un nombre incalculable de fois avant le montage final du bras sur la navette en 1981.



(Spar)

(NASA)

# Le bras spatial canadien: Os de graphite et nerfs de cuivre

En 1974, Thomas Paine, qui était alors l'administrateur de la NASA, est venu au Canada pour proposer à ce pays d'aider les États-Unis à construire son système de transport spatial révolutionnaire: la "navette spatiale". Après un examen minutieux de ses possibilités, le Canada choisit de construire le télémanipulateur ou, si l'on préfère, le bras, que l'on appelle d'ailleurs le bras spatial canadien (Canadarm, et plus brièvement RMS en anglais technique abrégé). Le Canada assumerait le coût de l'étude et de la mise au point du premier exemplaire de cet organe de préhension destiné à l'étage orbital de *Columbia*. En retour, la NASA s'engageait à acheter au moins trois bras supplémentaires au maître d'oeuvre, Spar Aerospace, de Toronto. Les Canadiens se verraient réserver la priorité sur les futures missions spatiales et pourraient aussi mettre sur pied un programme spatial diversifié. C'est ainsi que nous pourrions constituer une équipe de calibre international dans l'une des technologies clefs de l'avenir: la robotique. Et nous pourrions démontrer au monde et à ceux qui, parmi nous, doutent encore de nos capacités, ce dont nous sommes capables.

Le gouvernement canadien désigna le Conseil national de recherches comme cosignataire de l'entente qui devait faire suite à cette rencontre. Depuis la passation de cet acte officiel, des spécialistes appartenant à quatre divisions du CNRC ont travaillé sur le projet en collaboration avec leurs homologues de l'industrie et d'autres ministères gouvernementaux.

Mais de quoi donc un tel bras est-il fait? C'est une réplique du bras humain avec des nerfs de cuivre, des os de graphite, et des moteurs électriques en guise de muscles. Chacun de ces moteurs alimentés en courant continu n'est pas plus gros qu'un combiné téléphonique. Munis de boîtes de vitesses donnant un rapport de démultiplication de l'ordre de 1800 à 1, ils sont noyés dans les articulations métalliques du bras qui peut, sans charge, déplacer son extrémité à la vitesse d'environ 70 cm/s. Cette vitesse tombe à 5 cm/s lorsqu'il travaille avec sa charge maximale d'un peu moins de 30 t.

Toutes les parties de ce membre mécanique ont dû être étudiées de A à Z. Le cahier des charges de la NASA

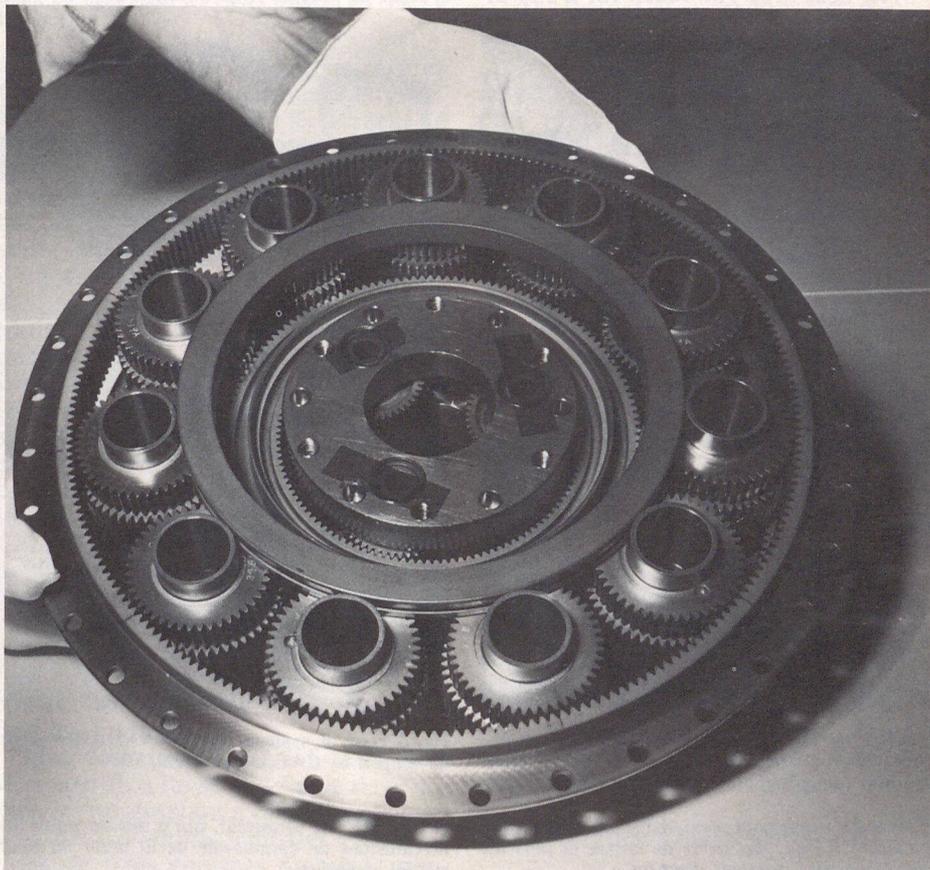
était émaillé de spécifications exigeantes touchant la rigidité, le poids, la résistance à la chaleur, la robustesse pour ne parler que de celles-ci. Il a fallu fréquemment concevoir de nouvelles techniques pour fabriquer des pièces

permettant de satisfaire à ces exigences. C'est ainsi qu'avec l'alliage d'acier inoxydable 302 on a trouvé un matériau parfait pour la fabrication de certains engrenages. On devait toutefois s'apercevoir que la trempe thermique



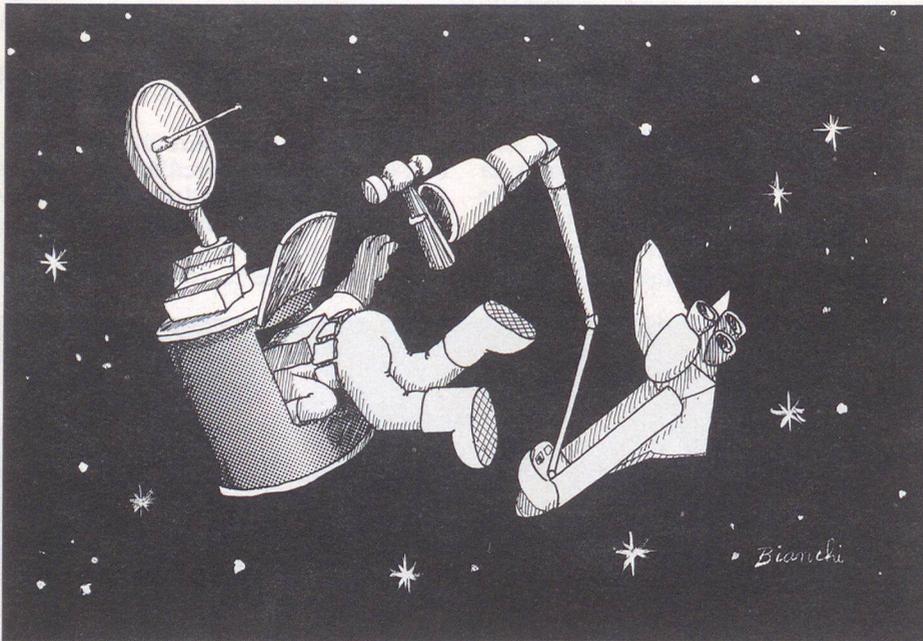
Art Hunter: "The end effector is flexible but it can't knit."

Art Hunter: «Malgré sa dextérité, la main ne peut pas tricoter.»



On obtient la torsion du bras dans l'espace à l'aide de ces engrenages planétaires.

Arm twisting in space is accomplished with this planetary gear assembly.



could not support even its own weight on earth, so one of Spar's Canadian suppliers built a test rig for use on a very flat floor. Here, cradled in this special rig which glides on air bearing pads, Canadarm can float over a floor as perfectly flat as modern technology can make it. The arm itself could move its shoulder, elbow, and wrist joints all at once, although only in the plane of the floor.

The next time you reach for a cup of

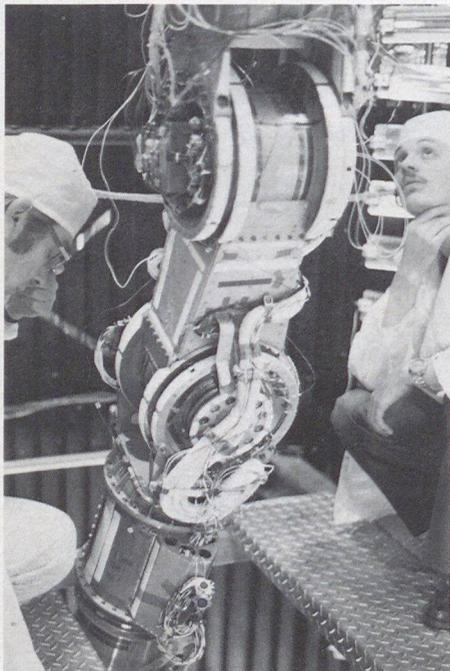
coffee, notice how your hand wobbles slightly from your predetermined path, even after repeated practice. Such wobbling is not acceptable in the Shuttle's arm. The orbiter's bay may be the size of a boxcar, with a similar cargo-carrying function, but the cargo could be as delicate as a cabinet full of Dresden china. Also, the cargo-bay doors are not just covers. They also house radiators designed to get rid of the heat generated by *Columbia's* electrical equip-

ment. These radiators and the cargo bay are crisscrossed with lines carrying high-pressure coolants, electric power, and other services. Inadvertent contact with these vital, fragile components must *not* occur.

But how can a single astronaut, acting through two hand controllers like those which guide *Columbia* from her forward control station, possibly keep track of three huge arm segments moving six ways at once? Again the answer came from the way Canadarm mimics our own bodies. When we reach for that cup of coffee, we do not consciously command our wrist to rotate, our elbow to pitch down, our shoulder to yaw left. Our eyes set a goal, and our brain achieves that goal without troubling our active mind. Similarly, the operator of the arm uses hand controllers in the crew compartment to command Canadarm's end effector to move in a desired direction. Shipboard computers then determine what each part of the complex system should do to fulfil that demand in the safest, most effective way.

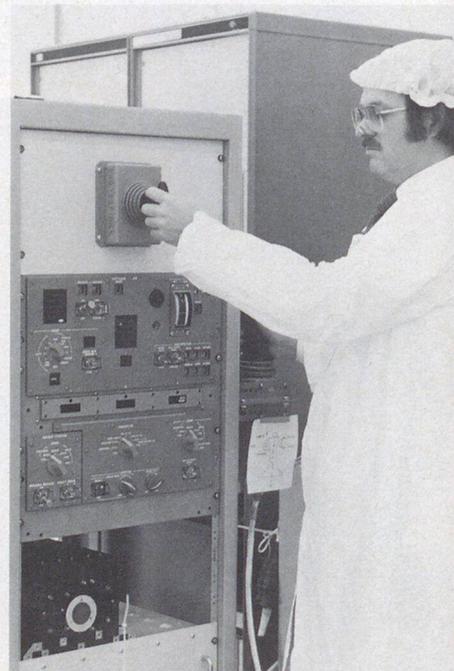
The first space arm was officially signed over to NASA in February 1981, at the Spar plant in Toronto where it had been built. Trucked gingerly to Kennedy Space Center by the same driver who had taken the King Tutankhamon exhibit across North America the previous year, Canadarm was integrated into *Columbia* in June 1981. At that time, NASA officials praised Canadarm as an exemplary subsystem: dependable, simple to install, and virtually trouble-free. There were, however, a few tense moments still to come. In August 1981, data analyses from the first mission showed that, fractions of a second after the huge solid-fuel boosters had ignited, an airborne shock wave reflected from the launch complex and "twanged" *Columbia* with a force that, at some frequencies, was many times what had been predicted. NASA immediately began to modify the launch complex, adding massive "water hammocks" underneath the SFB nozzles and increasing the flow rate of the water ducted beneath *Columbia* to dampen liftoff shock. This did, in fact, virtually eliminate the problems at launch.

Canadarm now takes its place as a vital component of NASA's Space Transportation System. With the success of the third launch, the attention of NASA will move away from the Shuttle system itself and on to the deploying of cargo in space. It is, after all, the Shuttle's *raison d'être*. □



Copper nerves and motorized muscles of the arm's "wrist" being prepared for flexing in a thermal vacuum chamber.

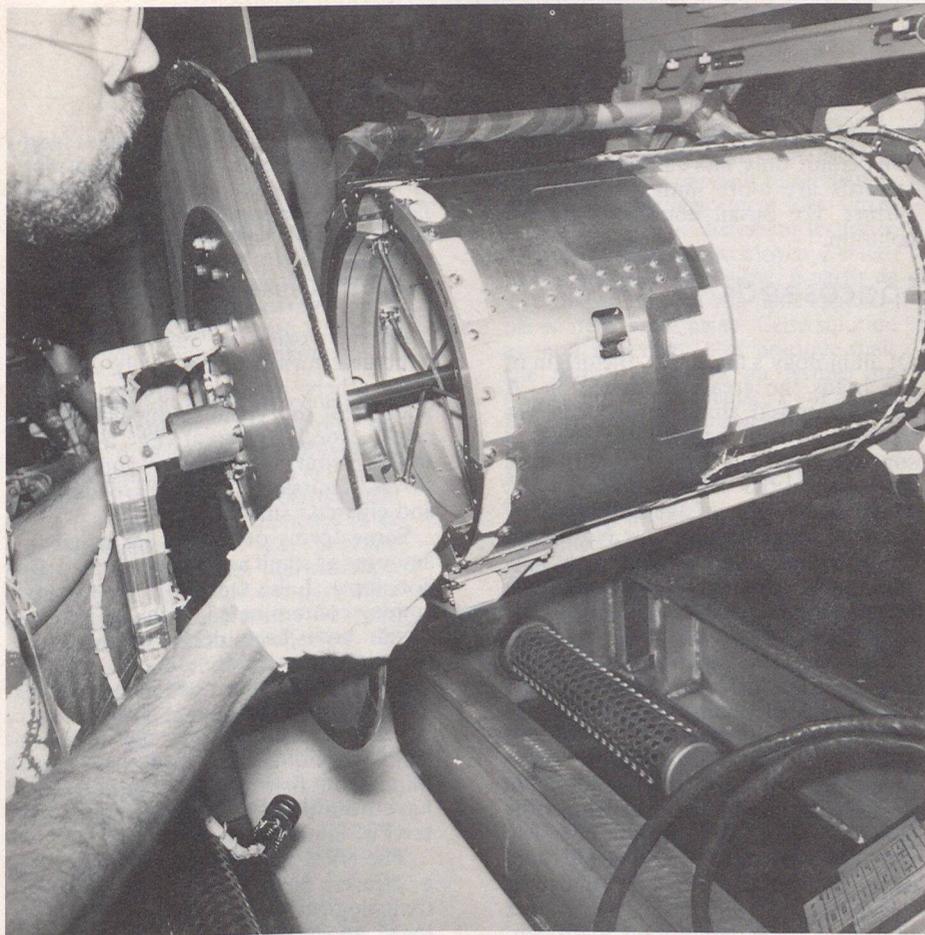
Préparation pour un essai thermique, dans une chambre à vide, des nerfs de cuivre et muscles motorisés du "poignet" du bras.



Hand control systems for CANADARM were developed by CAE in Montreal.

C'est CAE, de Montréal, qui a mis au point les mécanismes de commande de la main du bras spatial canadien.

Bill Atkinson



CANADARM's hand leaves no finger prints. The end effector uses a unique wire-wrapping mechanism to seize targets.

Pas d'empreintes digitales avec cette main. La main du bras saisit les cibles comme un collet à lapins.

provoquait un retrait suffisant pour les faire dévier de quelques micromètres (cette page a environ 100 micromètres d'épaisseur) des tolérances imposées. Le traitement thermique initial des ébauches, c'est-à-dire des disques dans lesquels les dents sont taillées, rendait tout usinage impossible du fait de la dureté de l'alliage. La solution trouvée par Spar a été de surdimensionner les engrenages dans des proportions correspondant exactement au retrait puis de les traiter thermiquement jusqu'à ce qu'ils rétrécissent aux cotes prévues.

Une grande partie des 100 millions de dollars du coût initial du bras a été absorbée par les essais. Conçu pour travailler dans un environnement dépourvu d'air et en impesanteur, il n'aurait même pas pu supporter son propre poids sur Terre et c'est pourquoi Spar a demandé à l'un de ses fournisseurs de construire un berceau spécial équipé de patins pneumatiques et pouvant être utilisé sur un plancher très lisse et plat. Le bras pouvait faire fonctionner simultanément les articulations de son épaule, de son coude et de son poignet mais seulement dans le plan du plancher.

La prochaine fois que vous saisissez une tasse de café, remarquez bien comment votre main s'écarte légèrement de la trajectoire que vous lui avez imprimée, même après plusieurs essais. De tels écarts sont absolument inacceptables dans le cas du bras. Même si la soute de l'étage orbital a les dimensions d'un wagon de chemin de fer et remplit des fonctions similaires, la charge transportée peut être aussi fragile qu'un service de porcelaine de Limoges. Dans le même ordre d'idées, les portes de la soute ne sont pas de simples couvercles. Elles comportent en effet des radiateurs qui assurent la dissipation de la chaleur produite par l'équipement électrique de *Columbia*. Ces radiateurs et ces portes sont parcourus en long et en large par des canalisations transportant des liquides réfrigérants sous pression, le courant électrique et d'autres éléments de servitude. *Il faut absolument éviter* tout contact accidentel avec ces éléments fragiles et vitaux.

Mais comment un spécialiste de mission peut-il, à lui seul, à l'aide de commandes ressemblant à celles qui servent à piloter *Columbia*, maîtriser les évolutions de trois énormes segments per-

mettant l'exécution simultanée de mouvements à six degrés de liberté? Là encore la réponse nous est fournie par le bras humain, qui a servi de modèle. Lorsque nous nous apprêtons à saisir une tasse de café nous ne commandons pas consciemment à notre poignet d'effectuer une rotation, à notre coude de s'abaisser, à notre épaule de pencher à gauche. Ce sont nos yeux qui repèrent l'objectif et notre cerveau l'atteint sans perturber d'aucune façon les fonctions de notre esprit actif. De la même façon, l'astronaute qui manipule le bras se sert de commandes manuelles situées à l'arrière du poste de pilotage pour donner l'ordre à la main de se déplacer dans une direction donnée. Les ordinateurs de bord déterminent ensuite ce que chaque partie du système complexe doit faire pour exécuter cet ordre de la façon la plus sûre et la plus efficace possible.

Le premier bras spatial a été officiellement pris en charge par la NASA en février 1981 à l'usine de Spar, à Toronto, où il avait été construit. Transporté avec de grandes précautions par camion au Centre spatial Kennedy par le chauffeur qui, l'année précédente, avait transporté les éléments de l'exposition sur Tout Ankh Amon à travers les États-Unis, le bras spatial a été monté sur *Columbia* en juin 1981. Déjà à ce moment-là, les représentants de la NASA ne tarisaient pas d'éloges pour ce sous-système exemplaire, fiable, facile à installer et pratiquement exempt de problèmes. On ne le savait pas encore mais quelques difficultés allaient surgir plus tard. En effet, en août 1981, l'analyse des données provenant de la première mission avait montré que l'onde de choc qui se forme une fraction de seconde après la mise à feu des puissants accélérateurs à poudre avait "sonné" *Columbia* avec une force telle que, dans certaines gammes de fréquences, elle s'était révélée très supérieure aux calculs. La NASA entreprit immédiatement de modifier le pas de tir par la mise en place d'un "matelas d'eau" sous les tuyères de la navette et en accroissant le débit de l'eau injectée sous *Columbia* au moment du décollage pour amortir le choc. Ces mesures se sont avérées efficaces puisqu'elles ont virtuellement éliminé le problème.

Le bras spatial prend maintenant place comme élément vital du système de transport spatial de la NASA. Si la troisième mission s'avère un succès, l'attention de la NASA se portera ensuite sur le déploiement des charges dans l'espace. C'est, après tout, la raison d'être de la navette. □

Texte français: Claude Devismes

## Fuel for thought

Developing countries trying to cope with soaring oil prices that plunge them deeper and deeper into debt must now face a growing scarcity of fuel wood as an easy, accessible energy source.

Susan Bogach, an energy analyst who worked two years in Guatemala trying to develop a reforestation program, outlined her experience and shared her concerns with an NRC audience last January. Said Ms. Bogach: "This world-wide recession is a time of stress for most countries, but particularly hard hit are the nations who traditionally use fuel wood or charcoal to supply an important part of their energy requirements. World-wide statistics are poor, but in an estimated 62 developing countries, wood supplies 50 per cent of all energy needs. And these needs are basic ones, essential to survival; wood is used to cook, to heat, and to provide light. Whether in South America, Africa, the Far East, or elsewhere, the reality is that more land is being cleared for agriculture, pushing accessible woodlots further back and rendering difficult the traditional gathering of wood by individuals for their own needs."

The most serious drawback in developing countries to investing in such long-term commitments as reforestation programs is the ever-increasing expense of satisfying immediate needs for imported oil. In her study of the Guatemala situation, Bogach reported that an expenditure of only \$25 million over a 20-year period would return the fuel wood supplies to a healthy and stable state.

Another drawback to setting up a reforestation program is the notion that fuel wood is a substance or old fashioned fuel. Says Bogach: "Some long-range planners still believe that the developing countries are going to follow in the footsteps of industrialized nations in building a society dependent on fossil fuels. In view of the rising cost, however, this is no longer possible. As a consequence, oil will not be a substitute for fuel wood in these countries over the next 20 years. And to implement alternate fuel supplies in such a short time frame isn't feasible; so fuel wood will still be used by an estimated 2.5 billion people in the year 2000."

According to Bogach, no new technology is needed to increase fuel wood supplies; what *is* needed is political will. The least expensive, most efficient way to increase wood resources is to promote the seeding of available land (particularly marginal land) with fast-growing species that can be grown

from seed and be utilized in two years. This is not only more practical but its rewards are more immediate for the farmer. For Susan Bogach, this is *the* solution.

## Space seeds

Of all biology's mysteries, the origin of life holds the greatest fascination. A recent proposal, that life on Earth was "seeded" from space, has received support from an American physicist working in the Netherlands. Dr. J. Mayo Greenberg, of the University of Leyden, spoke at NRC last November on his laboratory investigations of how complex organic molecules might be formed on the surfaces of interstellar dust grains.

According to Greenberg, clouds of gas and dust drifting among the stars can achieve a density capable of obscuring the light behind them. Clouds of such thickness, subject to the stress of radiation from nearby stars (which themselves may be forming within the clouds), are known to exhibit chemical activity. Interstellar dust grains are believed to be composed of silicate or "rocky" cores surrounded by a layer of "dirty" ices containing hydrogen, oxygen, carbon, nitrogen, and other elements in various molecular arrangements. Greenberg duplicated the structure and environment of the grains in his laboratory in order to study the changes brought about by ultraviolet radiation similar to what exists in space.

As anticipated, radiation stress caused many of the compounds found on the ice sheath to break up or dissociate. Unexpectedly, however, many of the samples were found to fluoresce brightly and even "explode," expelling many of the compounds as a gas. This suggests an explanation as to why cosmic dust and gas are so often found intermixed in space. Dr. Greenberg's experiments also led him to suggest that the clouds of dust in space interact with nearby stars to create complex molecules currently being catalogued by Canadian radio astronomers (see *Science Dimension*, 1981, No. 4). Such a cloud drifting near our Sun may have deposited material on the Earth's surface. Finding hospitable conditions, so the conjecture goes, the molecules could have begun the complex associations that ultimately led to life.

## Dioxins: How dangerous?

Dioxins (short for polychlorinated dibenzo-p-dioxins) are a family of powerful and dangerous chemicals

now present in most terrestrial and aquatic ecosystems, the concentrations of which have yet to be determined. The latest report from the Environmental Secretariat (NRCC 18574-18576) estimated that 1.5 t of dioxins contaminate the Canadian environment each year.

Dioxins exist in many different structural forms, some highly dangerous, others not yet proven toxic. Sources of this chemical include pesticides, wood preservatives, ash and smoke from incinerators and wood stoves, emissions from car exhausts, and cigarette smoke.

Some forms of dioxin are lethal in amounts as small as a few parts per trillion (ppt). Lake Ontario fish, for example, contaminated with 20 ppt of dioxin have been declared unfit for consumption.

Once present in the environment, dioxins appear to be highly persistent. Aquatic ecosystems are the ultimate sinks, but not enough studies of dioxin impact on fish and bird populations have been done to properly assess the level of contamination.

The NRC report goes on to say that a clearer picture is emerging from toxicological tests in laboratory animals; apparently there is considerable variation in the effects these chemicals have on different species. Can the results of animal exposure and sensitivity be extrapolated to humans? The report indicates a need for much more investigation before such a question can be answered.

Certainly some Canadians are more exposed than others. Workers in the wood industry and agriculture, as well as those exposed to preservatives in the paint, photographic, or textile industries, are subjected to higher levels of dioxin than the rest of the population.

The Environmental Secretariat's mandate in this controversial area is to assess the scientific evidence regarding dioxins and then make recommendations based on the soundest data available. The NRC report has made the following recommendations: first, man's sensitivity to dioxins must be determined through improved analytical techniques to establish safe exposure levels. The damaging effects of dioxins in the environment must be monitored to determine the relative importance of the different types and the kinds of remedial actions needed. Finally, the toxicity of dioxins to fishes (the primary accumulators of the toxic pollutants) must be determined.

## En bref . . .

### De quel bois l'on se chauffe

Confrontés à une hausse incessante du prix du pétrole qui accroît leur dette nationale, les pays en voie de développement doivent maintenant faire face à la rarefaction d'une source d'énergie jusqu'ici abondante et commode: le bois.

Susan Bogach, analyste en énergie, a travaillé pendant deux ans à la mise sur pied d'un programme de reboisement au Guatemala. S'adressant à des membres du CNRC en janvier dernier, elle leur a fait part de son expérience et de ses préoccupations: "La présente récession mondiale crée une situation difficile dans la plupart des pays mais elle affecte particulièrement les pays qui dépendent traditionnellement du bois ou du charbon de bois pour satisfaire une partie importante de leurs besoins en énergie. Les statistiques à ce sujet, bien que peu nombreuses, indiquent que le bois représente 50% de tous les apports énergétiques de quelque 62 pays en voie de développement qui l'utilisent pour satisfaire des besoins essentiels: cuisson des aliments, chauffage, éclairage. Que ce soit en Amérique du Sud, en Afrique, en Extrême-Orient ou ailleurs, les forêts sont décimées au profit de l'agriculture et les limites des terres boisées reculent; les habitants ne peuvent plus s'approvisionner eux-mêmes dans la forêt, comme ils le faisaient avant."

Les pays en voie de développement ne peuvent, à un moment où ils doivent consacrer une part croissante de leur budget à l'achat de pétrole importé pour satisfaire à leurs besoins immédiats, investir dans des programmes à long terme comme le reboisement. Pourtant, affirme Susan Bogach, il suffirait d'investir 25 millions de dollars en vingt ans pour assurer de nouveau la stabilité des approvisionnements en bois au Guatemala.

Autre raison qui nuit à la mise en oeuvre d'un programme de reboisement: le bois est perçu comme un combustible du pauvre, un vestige du passé. Susan Bogach explique: "Certains planificateurs croient encore que les pays en voie de développement vont imiter les nations industrialisées et se diriger vers une économie dépendante des combustibles fossiles. Cependant, vu le coût toujours croissant de ces derniers, il est fort peu probable que le pétrole puisse remplacer le bois dans ces pays d'ici les vingt prochaines années. Et comme il n'est pas non plus possible d'implanter des solutions de remplacement dans un laps de temps aussi court, on estime que le bois sera encore utilisé par 2,5 milliards de personnes en l'an 2000."

Aucune nouvelle technologie n'est nécessaire pour accroître les ressources

forestières; il suffit d'une volonté politique. La façon la moins coûteuse et la plus efficace d'y parvenir serait de promouvoir l'ensemencement des terres disponibles (particulièrement les terres à faible rendement) au moyen d'essences à croissance rapide qui, à partir de la graine, atteignent une taille exploitable en deux ans à peine. Cette solution est non seulement plus pratique mais elle assure également au fermier un revenu presque immédiat. Pour Susan Bogach, c'est la solution.

### La Terreensemencée

De tous les mystères biologiques, c'est l'origine de la vie qui demeure le plus fascinant. Le Dr J. Mayo Greenberg, physicien américain de l'Université de Leyde, aux Pays-Bas, a proposé dernièrement une théorie attribuant l'origine de la vie à un ensemencement de la surface terrestre par des particules provenant de l'espace. Au mois de novembre dernier, il a présenté une conférence au CNRC sur la formation de molécules organiques complexes à la surface des poussières interstellaires.

D'après lui, les traînées de gaz et de poussières de l'espace interstellaire peuvent atteindre une densité capable d'empêcher le passage de la lumière. Ces épais nuages manifestent une activité chimique particulièrement sous l'effet du rayonnement d'étoiles voisines (et de celles susceptibles d'émerger de leur matière). On pense que les particules de poussières interstellaires sont constituées de noyaux silicatés recouverts d'une couche de divers composés d'hydrogène, d'oxygène, de carbone, d'azote et d'autres éléments à l'état de glace. Le Dr Greenberg a reconstitué ces particules ainsi que l'environnement qui les entoure afin d'étudier leur comportement sous l'effet du rayonnement ultraviolet.

Comme on le prévoyait, ce rayonnement a provoqué la rupture ou la dissociation des différents composés de la couche de glace. Cependant, de nombreux échantillons ont manifesté une fluorescence intense et ont parfois même "explosé", libérant ainsi leurs constituants sous forme de gaz. Ce phénomène inattendu a toutefois permis d'expliquer la coexistence fréquente des poussières et des gaz cosmiques. Le Dr Greenberg a été amené à conclure que les nuages de poussières interstellaires réagissent avec des étoiles avoisinantes pour former des molécules complexes, comme celles que des radioastronomes canadiens cataloguent actuellement (voir Science Dimension 1981, N° 4). Ainsi, lors du passage d'un pareil nuage à proximité de notre Soleil, de la matière aurait été déposée à la surface de la Terre et, y trouvant des conditions favorables, elle aurait amorcé des réactions complexes aboutissant à la vie.

### La toxicité de dioxines

Les dioxines (abréviation de polychlorodibenzo-p-dioxines) constituent une famille de produits chimiques dangereux présents dans la plupart des écosystèmes terrestres et aquatiques à des concentrations encore indéterminées. D'après le dernier rapport du Secrétariat de l'environnement (CNRC 18574-18576), 1,5 t de dioxines contaminent l'environnement canadien chaque année.

Certains types de dioxines sont léthales à des doses de quelques parties par milliard. Des poissons du lac Ontario ayant une teneur en dioxines de 20 parties par milliard ont été jugés impropres à la consommation. Des analyses de laboratoire ont permis de détecter la présence de dioxines dans des échantillons de foies de poissons et de volailles, bien que leur concentration et leur toxicité potentielle n'aient pas été déterminées.

Une fois présentes dans l'environnement les dioxines sont très difficiles à éliminer; elles aboutissent dans les écosystèmes aquatiques où elles contaminent les populations de poissons et d'oiseaux, mais leur concentration chez ces animaux n'a pas été suffisamment étudiée pour permettre une évaluation adéquate du degré de contamination.

D'après les analyses toxicologiques sur des animaux de laboratoire, l'effet de ces substances semble varier considérablement d'une espèce à l'autre et, tant que des recherches bien plus approfondies n'auront pas été effectuées dans ce domaine, il sera impossible d'extrapoler à l'homme les résultats obtenus.

Il est évident que certaines personnes sont plus exposées que d'autres, notamment celles qui travaillent dans les industries du bois et agro-alimentaire et celles qui sont exposées aux préservatifs utilisés dans la fabrication des peintures et par les industries du matériel photographique et des textiles.

À la lumière de cette situation, le Secrétariat de l'environnement a reçu pour mandat d'évaluer les données scientifiques obtenues sur ces toxines et de faire des recommandations pertinentes à cet effet. Son rapport recommande en particulier que les méthodes analytiques soient améliorées afin de déterminer de façon plus précise la sensibilité humaine aux dioxines et, partant, d'établir les niveaux d'exposition tolérables. Il souligne également le besoin d'étudier l'effet néfaste des dioxines sur l'environnement en vue de déterminer l'importance relative des différentes mesures à prendre. Finalement, il recommande que la toxicité de ces substances chez les poissons (principaux réceptacles de dioxines) soit évaluée.

# MUTA

## Enzymes to the rescue

*DNA, a long thread-like molecule, rules all living processes; microbes and humans alike hang by that thread.*

As you read this story, serene and un-mindful, the DNA of every cell in your body could be making 50 errors a minute, most of which you will never be aware. These errors or mutations (scientists call the process "mutagenesis") are immediately recognized and dealt with by your own built-in repair system. Indeed, life as we know it would be impossible if these errors went unchecked. We owe a great deal to these efficient editing functions

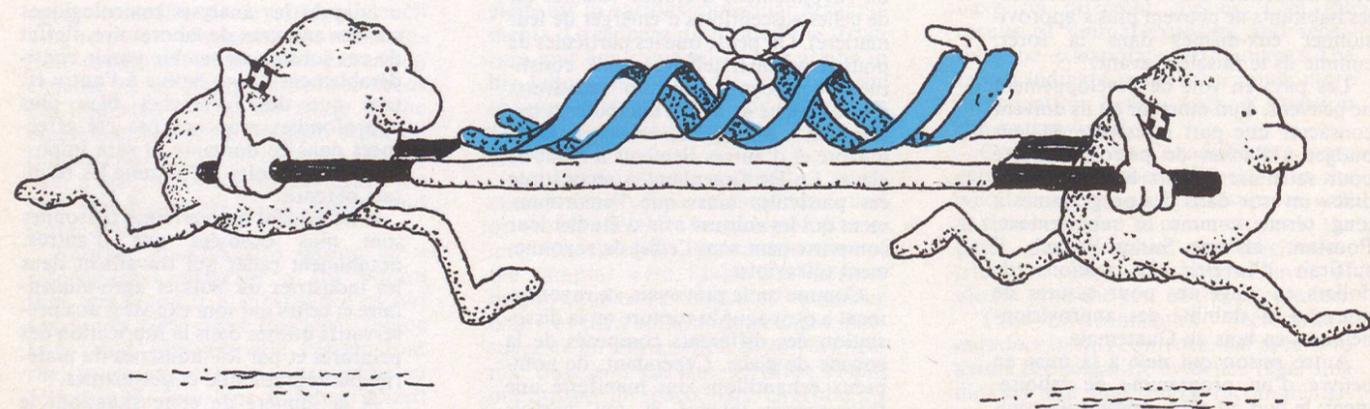
(tion) such as ionizing radiation, ultraviolet (UV) light, and many environmental chemical agents including potent carcinogens. Occasionally, however, the repair system overlooks a mistake and a mutant arises."

Using the yeast *Schizosaccharomyces pombe* as their test organism, Nasim and his group have systematically isolated strains which are defective in their ability to repair damage due to UV light. The ability to isolate mutant strains of a microorganism which have lost a function, ordinarily present in a normal or wild-type strain, is of enormous significance. It affords the gene-

repair systems are knocked out, the ability to repair radiation damage also disappears.

UV light affects all organisms and is potentially destructive at high doses. At lower doses, however, the action of this radiation is such that cells have a reasonably high probability of escaping damage. The reason lies in the protective mechanisms that have developed during evolution to cope with this kind of radiation injury.

Dr. Nasim: "Paradoxically, the exposure of a species to radiation, and the mutations that result, is an advantage in terms of long-term survival. It



(John Bianchi)

which maintain the integrity of our genetic material.

But what if the repair mechanisms themselves break down? After all, they too are coded for by DNA and, like the rest of your genetic bank, are subject to the same kinds of error. Dr. Anwar Nasim of NRC's Division of Biological Sciences has studied the role of repair systems in mutagenesis for many years: "Just as the DNA repair mechanisms handle alterations due to spontaneous mutations," he explains, "they also correct errors made by deliberate or accidental exposure to mutagenic agents (substances which cause muta-

tion) such as ionizing radiation, ultraviolet (UV) light, and many environmental chemical agents including potent carcinogens. Occasionally, however, the repair system overlooks a mistake and a mutant arises."

Using the yeast *Schizosaccharomyces pombe* as their test organism, Nasim and his associates first irradiate test yeast to isolate single gene mutants showing enhanced radiation sensitivity. These single gene mutants are then crossbred to produce so-called "supersensitive" mutants which contain two or even three different defects in their repair mechanisms. The NRC work shows that the ability to withstand radiation damage depends on "intact repair mechanisms" within the cell and when one, two, or more such

provides a species with a way of adapting itself to changes in the environment; without such variety being introduced by mutation, evolution as such would not occur. Thus, successful organisms are marked by a balance between sensitivity and resistance to the effects of mutagenic agents."

In a study of this sort, Nasim cannot wait for mutations to take place due to naturally occurring mutagens in the environment, so genetic changes are induced by exposing the microorganisms to UV light of other chemical mutagens.

By choosing yeast as the study

# TIONS

## Des enzymes à l'ouvrage

*La molécule d'ADN, constituée de deux longs brins entortillés, régit tous les mécanismes biologiques; des microbes jusqu'aux humains, tous les organismes vivants lui doivent leur existence.*

Pendant que vous lisez cet article, calme et détendu, l'ADN de vos cellules pourrait commettre plus de cinquante erreurs à la minute sans que, sauf rares exceptions, vous ne vous en aperceviez jamais. Ces erreurs ou mutations résultant du processus que les scientifiques appellent "mutagenèse" sont immédiatement identifiées et rectifiées par le système de réparation de l'organisme. En fait, la vie, telle que nous la connaissons, serait impossible si ces erreurs n'étaient pas corrigées. Ces fonctions qui assurent le maintien de l'intégrité de notre matériel génétique sont en réalité vitales.

Mais, qu'advient-il lorsque les mécanismes de réparation eux-mêmes ne répondent plus à la tâche? Après tout, eux aussi sont régis par l'ADN et, comme le reste de notre matériel génétique, ils sont sujets au même type d'erreurs. Le Dr Anwar Nasim, de la Division des sciences biologiques du CNRC, étudie depuis un grand nombre d'années le rôle des mécanismes de réparation dans la mutagenèse: "Tout comme il réagit aux modifications résultant de mutations spontanées", explique-t-il, "le système de réparation de l'ADN répare les lésions résultant d'une exposition accidentelle ou intentionnelle à des agents mutagènes (agents susceptibles de produire des mutations) comme, par exemple, les radiations ionisantes, les rayons ultraviolets et de nombreux produits chimiques, y compris des substances à pouvoir cancérogène élevé rencontrées dans l'environnement. Il peut arriver que le système de réparation laisse passer une erreur et ouvre ainsi la voie à la création d'un mutant."

Le Dr Nasim et son équipe ont isolé

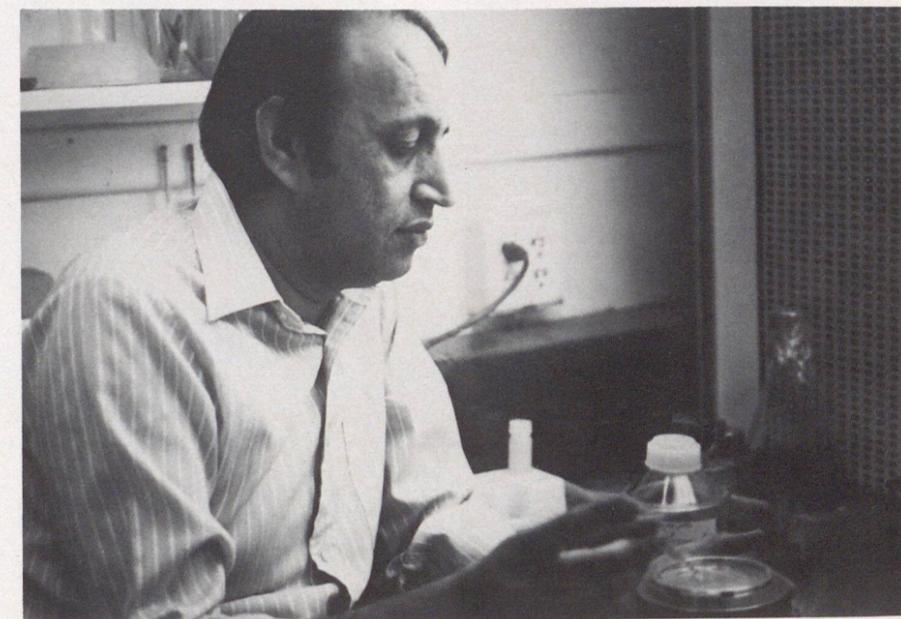
des levures de l'espèce *Schizosaccharomyces pombe* qui ne sont plus en mesure de réparer les lésions causées par les rayons ultraviolets. La possibilité d'isoler des souches de micro-organismes ayant perdu, à la suite d'une mutation, une fonction normalement présente chez l'espèce originale revêt une énorme importance; elle permet aux généticiens de comparer les souches normales avec les souches mutantes et, partant, d'expliquer les phénomènes cellulaires intervenant dans la perte d'une certaine fonction.

Après avoir irradié des levures cultivées en laboratoire, le Dr Nasim et ses collègues ont isolé celles qui avaient subi des mutations au niveau d'un seul gène et qui manifestaient une sensibilité intense aux radiations. Ces mutants ont été croisés par la suite et

une lignée de levures "supersensibles" dont le système de réparation génétique avait subi deux ou même trois altérations a été obtenue. Les résultats de ces travaux ont montré que la résistance aux radiations est fonction des mécanismes de réparation de la cellule et que la destruction de un ou de plusieurs de ces mécanismes entraîne la perte de la capacité de réparation.

Le rayonnement ultraviolet exerce un effet néfaste sur tous les organismes vivants; à fortes doses, il est potentiellement destructif. À faibles doses, cependant, son effet est relativement bien toléré par les cellules et ceci est dû aux mécanismes de protection qu'elles ont acquis au cours de l'évolution et qui leur permettent de réparer certaines lésions causées par des radiations.

Mais, rendons la parole au Dr



Anwar Nasim: "Being so well characterized, yeasts are ideal organisms to study the induction of mutations; cultivating them is relatively easy as they grow rapidly over a wide range of temperatures."

"Les levures sont idéales pour l'étude des mutations provoquées car, en plus d'être particulièrement bien différenciées, elles sont relativement faciles à cultiver et se développent rapidement sous une vaste gamme de températures", explique le Dr Anwar Nasim.

organism, Dr. Nasim's results are more relevant to humans than if, say, the organisms were bacteria. Like all multicellular life forms, yeasts belong to that group of highly developed organisms called eukaryotes, in which genetic material is organized in bodies called chromosomes and confined within a nucleus. Bacteria, on the other hand, are prokaryotes, more primitive life forms in which the DNA floats freely in the cellular fluid. Because yeasts are so well characterized, they are ideal organisms for genetic research; as well, they grow rapidly over a wide range of temperatures and are

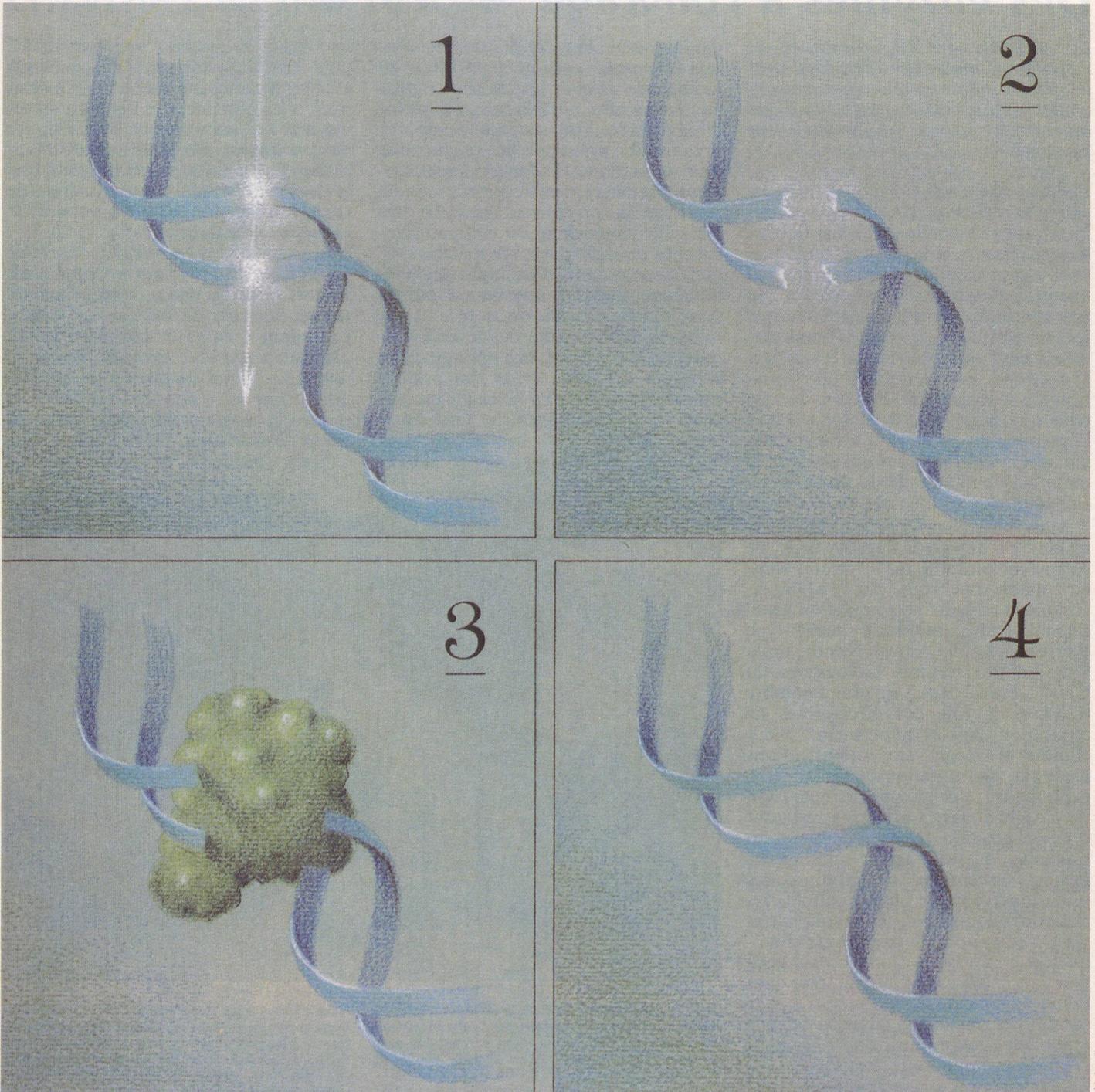
easy to cultivate, mate, and analyze. The testing is inexpensive and requires only relatively simple, inexpensive equipment.

The reason that scientists like Anwar Nasim can extrapolate the findings in their yeast experiments to humans lies in the universality of the genetic code and the general manner in which it is translated into the myriad molecules that make up the living cell. DNA, the long, double-stranded "information" molecule of life contains within its structure the genetic code; all living forms, including the bacteria, use this winding, helical molecule to carry the

blueprints which are passed down, generation after generation, defining the nature of a species. The code itself is contained in the sequence of nitrogenous base molecules that make up the DNA strand (adenine, thymine, guanine, and cytosine). If UV light or

Following exposure to a mutagenic agent such as UV light (1), the DNA molecule is damaged (2). Repair enzymes (green protein molecule) restore the DNA (3) to its normal state (4).

Sous l'effet d'un agent mutagène comme le rayonnement ultraviolet (1) la molécule d'ADN est altérée (2). Les enzymes de réparation (molécules protéiques colorées en vert) rendent à l'ADN (3) sa structure originale (4).



(John Bianchi)

Nasim: "Paradoxalement, les mutations résultant de l'exposition d'une espèce à des radiations constituent un avantage sur le plan de la survie à long terme, en ce sens qu'elles permettent à l'espèce de s'adapter aux modifications de l'environnement. Si les espèces n'avaient pas subi de mutations, il n'y aurait pas eu d'évolution. Ainsi, les organismes convenablement adaptés à la vie sont ceux dont la sensibilité et la résistance aux agents mutagènes sont en parfait équilibre."

Le Dr Nasim ne peut se permettre d'attendre patiemment que des mutations se produisent naturellement sous l'effet des mutagènes présents dans l'environnement et doit donc, pour hâter les résultats, provoquer des modifications génétiques en exposant des micro-organismes à des rayons ultraviolets ou à des mutagènes chimiques.

Comme organismes de travail, il préfère utiliser des levures plutôt que des bactéries car elles lui permettent d'obtenir des résultats plus facilement extrapolables à l'être humain. Les levures, comme tous les organismes multicellulaires, appartiennent à la catégorie des organismes supérieurs appelés eucaryotes et chez lesquels le matériel génétique est contenu dans le noyau sous forme de chromosomes. Les bactéries, par contre, sont des procaryotes, c'est-à-dire des organismes plus rudimentaires; elles sont dépourvues de noyau cellulaire et leur ADN flotte librement dans le cytoplasme. Étant donné que les levures sont si bien différenciées, elles se prêtent particulièrement bien à la recherche génétique; de plus, elles se développent rapidement dans des conditions de température très variées et elles sont faciles à cultiver, à reproduire et à analyser. Leur utilisation à des fins expérimentales est également peu coûteuse et demande des équipements relativement simples et abordables.

L'universalité du code génétique et des processus de transcription de cette information en une multitude de molécules qui constituent la cellule vivante permet à des scientifiques comme Anwar Nasim d'appliquer les résultats de leurs expériences sur les levures à l'organisme humain. L'ADN, longue molécule formée de deux brins entortillés, est le siège de l'information génétique; chez tous les organismes vivants, y compris les bactéries, c'est cette molécule hélicoïdale qui assure la transmission du patrimoine génétique de génération en génération, définissant ainsi la nature de chaque espèce. Le code génétique lui-même est déterminé par la séquence des bases azotées (adénine, thymine, guanine et cytosine)

qui la composent. Le rayonnement ultraviolet ou tout autre agent mutagène peuvent rompre cette molécule ou modifier une de ses bases et, partant, le code génétique, entraînant une mutation. C'est alors que les mécanismes de réparation génétique interviennent pour rétablir la structure originale de l'ADN. Ces mécanismes sont, en réalité, des opérations biochimiques déclenchées par des enzymes spécifiques.

Le rôle que jouent les mécanismes de réparation dans la mutagenèse intéresse particulièrement le Dr Nasim et ses collègues. "Cette question a commencé à attirer notre attention lorsque nous avons constaté, à la suite de l'irradiation de levures de l'espèce *S. pombe*, qu'un petit nombre d'entre elles avaient acquis une sensibilité marquée aux radiations. On constata par la suite que le rayonnement ultraviolet

avait altéré leur ADN en créant une liaison entre deux thymines pour former un dimère. Normalement, les enzymes de réparation rectifient une pareille erreur en remplaçant le dimère par une molécule de thymine monomère (simple) afin de préserver le code génétique original."

Tout en recherchant les gènes responsables de l'inactivation des enzymes de réparation, le Dr Nasim a identifié 22 types différents de mutants sensibles aux radiations, c'est-à-dire des levures dont l'ADN avait subi des mutations à 22 niveaux différents. Il a également constaté que ces mutants réagissaient de façon très différente à une seconde exposition au rayonnement ultraviolet. En effet, certains d'entre eux sont devenus "supersensibles" et ont présenté un taux de survie très faible; d'autres ont continué à se développer normalement et ont



Interspersed among the red colonies of the yeast *Schizosaccharomyces pombe*, colorless mutants show up after exposure of the culture to ultraviolet light.

Parmi les colonies rouges de levures de l'espèce *Schizosaccharomyces pombe*, on peut voir des mutants incolores apparus à la suite de l'exposition de la culture à des rayons ultraviolets.

### Des micro-organismes sur mesure

L'utilisation de micro-organismes ayant subi des mutations au niveau d'un seul gène ne se limite pas à l'étude du système de réparation génétique. L'utilisation industrielle de souches de levures améliorées à la suite de mutations est bien connue. Les moisissures de l'espèce *Penicillium chrysogenum*, par exemple, qui furent les premières à être utilisées pour la production de pénicilline, ne synthétisaient au départ que quelques milligrammes de cet antibiotique par litre de culture. C'est à la suite de 21 mutations causées par des agents comme le rayonnement ultraviolet, la moutarde azotée (mutagène chimique puissant) et les rayons X que les chercheurs ont réussi à multiplier par 55 la production initiale de pénicilline de ces organismes.

Au cours des années, le Dr Nasim et ses collègues ont acquis une expérience considérable et ils prévoient

d'appliquer les techniques et les procédés qu'ils ont mis au point à la réalisation de nouveaux projets biotechnologiques. D'après le Dr Nasim, la connaissance des aptitudes potentielles des innombrables levures existantes est vraiment très limitée. En fait, l'utilisation de micro-organismes modifiés au moyen de recombinaisons génétiques et de mutations provoquées par des agents mutagènes pourrait ouvrir de nouveaux horizons à la recherche. La production d'organismes capables de transformer des résidus organiques en carburants et combustibles liquides, comme l'éthanol et le méthane, n'est qu'un des nombreux exemples des retombées de ces travaux.

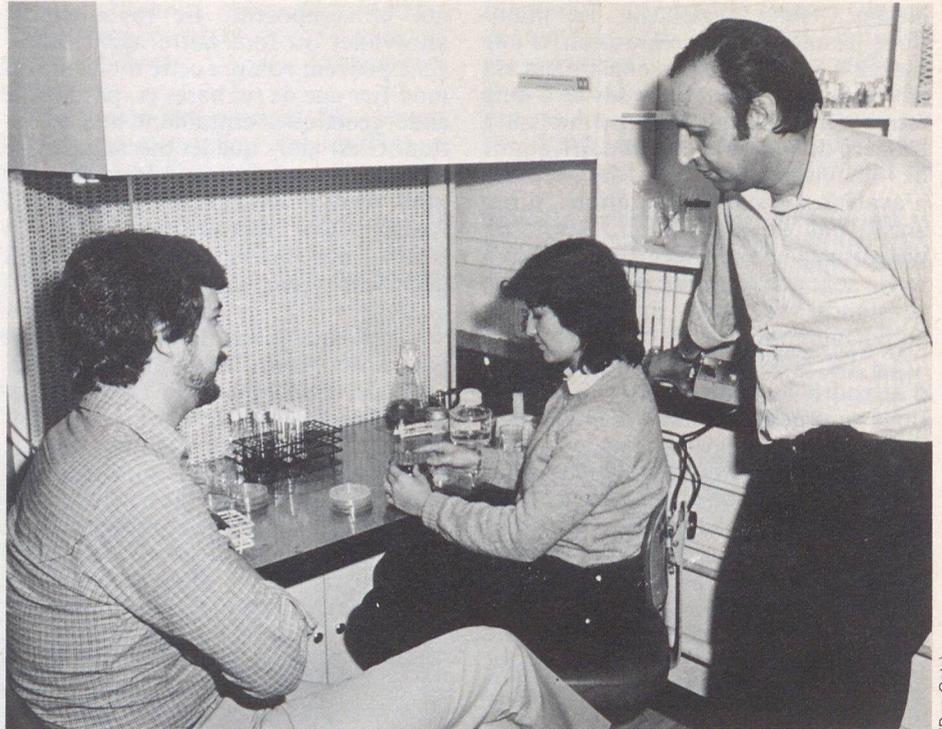
Si les mutations ont depuis toujours permis d'assurer l'évolution des organismes vivants, aujourd'hui elles sont utilisées par les généticiens pour transmettre aux micro-organismes des caractéristiques particulièrement intéressantes. □

any other mutagenic agent hits the strand, breaking it or altering the nature of one of these bases, then the genetic code is altered; a mutation occurs. Genetic repair mechanisms, then, are in the business of correcting such alterations and, as Nasim and other scientists in the field are aware, these mechanisms are cellular enzyme systems.

The role of these repair systems in the production of mutants has been the focus of the work by Dr. Nasim and his group. "We became very interested after a set of experiments involving the irradiation of natural varieties of *S. pombe*, or wild-types as they're called, showed that a small percentage had become radiation-sensitive mutants. The UV light was later shown to have damaged the DNA by linking together two of the thymine bases to form a dimer. Normally, repair enzymes correct such a mistake by excising the thymine dimer and inserting monomeric (single) thymine structures into the appropriate locations so as to preserve the genetic code."

Searching for the genes responsible for the failure of these repair enzymes to correct the error, Nasim characterized 22 different kinds of radiation-sensitive mutants, that is, yeasts with mutations in 22 different locations on their DNA. When exposed once again to UV light, the response in these 22 mutants varied greatly. Some had become "supersensitive" and their survival rate was very low, while others thrived and became much more resistant. "This amazing difference in survival rate of the mutants became the focus of our efforts," explains Nasim. "Several enzyme systems, playing multiple roles in repairing damaged DNA, convey resistance to radiation in a rather complex manner. Which gene controls a particular enzyme repair system and why some are more prone to damage than others are questions which many labs throughout the world are trying to answer."

The implications of this kind of work involve much more than mere answers to questions on the nature of genetic repair systems. When repair of DNA is faulty, a cell can die. In mammalian cells, the as yet unclear chain of events that leads to cancer may indeed originate, in certain cases at least, in such DNA damage. It is already established that some diseases result from faulty DNA repair systems; one of these is a rare hereditary disease called Ataxia telangiectasia (AT). The cells of AT sufferers are unusually sensitive to radiation commonly used in radiotherapy for the treatment of tumors because they possess a faulty repair system responsible for correcting defects



(Dan Getz)

Anwar Nasim and his colleagues Eric Stephen and Rita Vidoli.

Anwar Nasim et ses collègues Eric Stephen et Rita Vidoli.

in DNA. In these AT patients (the disease occurs in only 24 out of every million live births), the incidence of cancer is 1 in 10, or 1200 times greater than normal risk.

Similarly, people afflicted with another rare hereditary disease called Xeroderma pigmentosum carry a mutation in which the DNA of cells which produce skin fibroblasts does not receive proper maintenance. Such people develop skin cancers when exposed to sunlight; the failure to repair

DNA, at least in this disease, seems strongly implicated in the development of cancer.

Concludes Nasim: "Radiation sensitivity, as a starting point, seems to be a good indicator of a cell's ability to repair DNA damage. Radiation-sensitive yeast mutants which remain viable are remarkably useful genetic tools in the elucidation of cellular repair pathways." □

#### Patricia Montreuil

#### Modifying microorganisms

The use of microorganisms with characterized, single gene mutations is by no means confined to the study of repair systems. The industrial applications of yeast strains improved by mutation are very well documented. For example, early laboratory strains of *Penicillium chrysogenum* (the penicillin-producing mold) yielded only a few milligrams of penicillin per litre of culture. Through 21 rounds of mutation by agents like UV light, nitrogen mustard (a powerful chemical mutagen), and X-rays, researchers obtained a strain capable of producing 55 times the initial amount of penicillin.

With an expertise accumulated over the years, Dr. Nasim and his associates are looking forward to

applying these techniques and principles to biotechnological ventures. According to Nasim, knowledge of the potential capabilities of the large number of existing, unexplored yeasts is really very limited. By modifying these microorganisms with mutagens and then manipulating them with genetic engineering techniques, new avenues of exciting research will be opened up. The ability to ferment a vast number of organic substrates to the liquid fuels ethanol and methane is only one of the many examples that illustrate the point.

The induction of new mutations into the gene banks of living systems has always been nature's way of carrying out evolution and is now the geneticist's way of introducing valuable new traits into microorganisms. □

acquis une résistance bien plus grande. "Cette différence surprenante dans le taux de survie des mutants est devenue le point de focalisation de nos efforts", explique le Dr Nasim. "L'acquisition d'une résistance aux radiations est le résultat d'opérations biochimiques complexes faisant appel à plusieurs enzymes de réparation de l'ADN. À l'heure actuelle, de nombreux laboratoires du monde entier essaient de mettre en évidence les gènes responsables de l'activité de mécanismes de réparation enzymatiques donnés et d'expliquer les variations de sensibilité au même agent mutagène."

Les retombées que laissent entrevoir ces travaux ne se limitent pas à l'explication du système de réparation génétique. Lorsque la réparation de l'ADN se fait de façon défectueuse, elle risque d'entraîner la mort d'une cellule. Chez les mammifères, la série de phénomènes encore indéterminée qui aboutit à la cancérisation pourrait être déclenchée dans certains cas par une lésion au niveau de l'ADN. Il a déjà été prouvé que certaines maladies sont causées par un fonctionnement défectueux du système de réparation de l'ADN; le syndrome ataxie-télangiectasies, maladie congénitale rare frappant 24 personnes sur un million, en est un exemple. Les personnes atteintes de cette maladie présentent une déficience du système de réparation de l'ADN se manifestant par une sensibilité excessive aux rayonnements utilisés en radiothérapie pour le traitement de tumeurs. Chez ces personnes, l'incidence du cancer est de 1 sur 10, c'est-à-dire 1 200 fois supérieure à ce qu'elle est pour le reste de la population.

Les personnes affectées de la maladie de Kaposi, autre maladie congénitale rare, sont également victimes d'une mutation caractérisée à son tour par une altération des mécanismes d'entretien des cellules productrices de fibroblastes cutanés. Chez ces personnes, l'exposition à la lumière solaire suffit pour déclencher la cancérisation de la peau. Ainsi, dans ce cas tout au moins, il est évident que l'altération des mécanismes de réparation de l'ADN joue un rôle important dans la cancérisation.

Mais laissons le Dr Nasim conclure: "En plus de nous avoir permis de prouver que la sensibilité aux radiations est un critère important de la capacité de réparation génétique de la cellule, les levures devenues sensibles aux radiations à la suite de mutations permettent d'expliquer les mécanismes de réparation de l'ADN et constituent de ce fait un outil précieux pour la recherche génétique." □

Texte français: Annie Hlavats



**Business Reply Mail Correspondance - réponse d'affaires**  
No postage necessary in Canada / Se poste sans timbre au Canada

National Research Council Canada / Conseil national de recherches Canada

**OTTAWA  
CANADA  
K1A 0R6**

Publication Office - Bureau des publications

CUT - DÉCOUPEZ

FOLD OUT

1982/2

ADDRESS CHANGE	CHANGEMENT D'ADRESSE
<input type="checkbox"/> Name address printed wrongly - corrected below	<input type="checkbox"/> Nom adresse comportant une erreur - correction ci-dessous
<input type="checkbox"/> Mailing label is a duplicate - please delete from list	<input type="checkbox"/> L'adresse est un duplicata - Rayez-la de la liste
<input type="checkbox"/> Please continue my mailing and add new person listed below	<input type="checkbox"/> Gardez mon nom sur votre liste d'envoi et ajoutez-y celui du nouvel abonné ci-dessous
<input type="checkbox"/> Name below should replace that shown on label	<input type="checkbox"/> Remplacez le nom figurant dans l'adresse par celui indiqué ci-dessous
Discontinue sending:	
<input type="checkbox"/> all publications	<input type="checkbox"/> this publication
<input type="checkbox"/> vos publications	<input type="checkbox"/> cette publication

NAME - NOM \_\_\_\_\_  
 TITLE - TITRE \_\_\_\_\_  
 ORGANIZATION - ORGANISME \_\_\_\_\_  
 STREET - RUE \_\_\_\_\_  
 CITY - VILLE \_\_\_\_\_  
 PROVINCE \_\_\_\_\_  
 POSTAL CODE POSTAL \_\_\_\_\_  
 COUNTRY - PAYS \_\_\_\_\_

Canada

### IS YOUR ADDRESS LABEL CORRECT?

Please make any needed corrections on form overleaf, clip along the dotted line, fold, fasten and return to us.

If you prefer to use a separate sheet, please ensure that all the information on the label below is included to permit us to retrieve your address record from the computer.

### VOS NOM ET ADRESSE COMPORTENT-ILS UNE ERREUR?

Veillez procéder aux corrections éventuelles sur le formulaire se trouvant au verso, le découper en suivant le pointillé, le plier, le sceller et nous l'envoyer.

Si vous préférez utiliser une feuille séparée, assurez-vous de n'omettre aucun des renseignements figurant dans le bloc-adresse ci-dessous pour que nous puissions extraire de l'ordinateur les données relatives à votre adresse.

CUT - DECOUPEZ



National Research Council  
Canada  
Ottawa, Canada  
K1A 0R6

Conseil national de recherches  
Canada  
Ottawa, Canada  
K1A 0R6

Canada Posti	Canada Postes
Bulk Third Class	En nombre Troisième classe
K1A 0R6 Canada	

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

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