

SCIENCE DIMENSION

1979/2

LIQUID CRYSTALS/LES CRISTAUX LIQUIDES

SCIENCE DIMENSION



National Research Council Canada
Conseil national de recherches Canada

Vol. 11, No. 2, 1979

ISSN 0036-830X

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

CONTENTS

-
- 4 Liquid crystals in art**
A new medium for artistic expression
-
- 8 Eyes in the sky**
A survey of air camera calibration
-
- 12 Canada's contribution to the space shuttle**
A working demonstration of a spacecraft's arm
-
- 14 Recombinant DNA**
Opening the door to gene mysteries
-
- 18 Furnace efficiency meter**
Diagnosing the flue
-
- 20 Chasms of the road**
New custom-designed material for repairing potholes
-
- 24 Flares on far suns**
International teamwork in stellar research
-
- 28 Ottawa River project**
Conclusion of a five-year study
-

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 directly from that source. Enquiries should be addressed to: The Editor, Science Dimension NRC, Ottawa, Ontario. K1A 0R6, Canada Tel. (613) 993-3041.

Editor-in-chief Loris Racine

Editor Wayne Campbell

Executive Editor Joan Powers Rickerd

Design ACART Graphic Services

Editorial Production Coordinator Diane Bisson Staigh

Canada's energy history Fluctuations, speculations

Suppose the year is 1867, and Sir John A. Macdonald wants to gaze into the future. "How much energy are the citizens of our grand new Confederation going to consume," he asks in his characteristically spirited way, "and from what sources will it be drawn?"

Taking advantage of more than one hundred years of hindsight, Dr. Frank Steward, from the University of New Brunswick, answered Sir John A.'s supposed questions in a lecture at NRC on "Energy Consumption in Canada since Confederation."

The data, which Dr. Steward has gathered, computed and graphed, paint an intriguing picture of our past.

At the time of Confederation, wood (burned in stoves to keep the winter at bay) was by far the most important source of energy. Next came coal, followed in order of decreasing importance by work animals (horses and oxen), petroleum (only recently discovered and not widely used), wind (harnessed to power sailing ships and windmills) and, finally, human labor.

Today, the amount of energy used by the average Canadian is about 4.7 times more than was used a century ago, and the total consumed in Canada has increased 27 times. The average increase is around 3½ per cent per year, but it fluctuates erratically, climbing rapidly with wars and booms, and dropping with busts.

The mix of sources from which this energy has been drawn has shifted dramatically over the years. The traditional sources – wood, animal work, wind – have dwindled into insignificance, overpowered by petroleum, natural gas and coal. Hydroelectricity, first available at the beginning of this century, has risen to the number four position, followed by nuclear power.

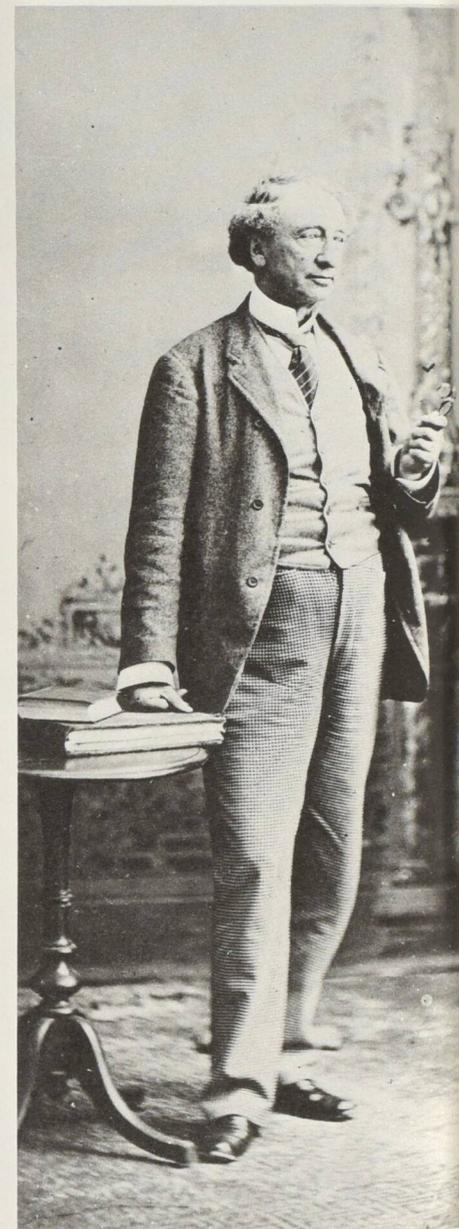
One curious and unsettling aspect of this shift: whereas almost all of the energy used in Sir John A.'s day came from renewable sources, today only about 10 per cent does. Our dominant sources, in other words, are exhaustible.

What is our energy picture going to look like one hundred years from now? It's an obvious and important question.

"I'm not going to speculate about the future," said Dr. Steward, "but I would like to see the forecasters verify their theories and models using the data I have compiled. Can they predict

the present picture from what was known when the politicians from Ontario and Quebec went down to the Maritimes to settle their differences, and we got Confederation? I don't know if Sir John A. Macdonald ever asked about our energy future then, or if he could have been answered with confidence. We must remember that in his time things like nuclear power had not even entered the mind of man. Maybe the answer is that human affairs are so complex and difficult that they just cannot be predicted." □

Séan McCutcheon



Sir John A. Macdonald, (Public Archives Canada/
Ph. Archives publiques Canada)

Historique de l'énergie au Canada Fluctuations et spéculations



Wood was the prime source of energy at the time of Confederation. (Public Archives Canada)

Le bois constituait la principale source d'énergie à l'époque de la Confédération. (Ph. Archives publiques Canada)

Supposons que nous soyons en 1867 et que Sir John A. Macdonald veuille connaître l'avenir. Il pose, avec la vivacité qui le caractérise, la question suivante: «Quelle quantité d'énergie les citoyens de notre jeune et magnifique Confédération vont-ils consommer et d'où viendra-t-elle?».

S'appuyant sur un bilan couvrant plus d'un siècle, le Dr Frank Steward, de l'Université du Nouveau-Brunswick, a répondu aux questions imaginaires de Sir John A. au cours d'une conférence au CNRC sur «La consommation d'énergie au Canada depuis la Confédération».

Les données que le Dr Steward a recueillies, traitées par ordinateur et transformées en graphiques, nous présentent un aspect intrigant de notre passé.

Au moment de la Confédération, le bois (brûlé dans les fourneaux pour combattre le froid) constituait de loin la plus importante source d'énergie. Venait ensuite le charbon, suivi par ordre d'importance décroissante des animaux de trait (chevaux et boeufs), du pétrole (qui venait d'être découvert et n'était pas largement exploité), de l'énergie éolienne (utilisée par les grands voiliers et les moulins à vent) et, enfin, la main-d'oeuvre.

Le Canadien moyen utilise aujourd'hui environ 4,7 fois plus d'énergie qu'il y a un siècle et la consommation totale du pays est 27 fois plus importante. L'augmentation annuelle moyenne est d'approximativement 3,5% mais elle est très irrégulière, rapide pendant les guerres et les poussées économiques, et ralentie pendant les périodes de récession.

On a assisté, au fil des ans, à une baisse radicale de l'utilisation des sour-

ces traditionnelles d'énergie représentées par le bois, le travail animal et le vent; supplantées par le pétrole, le gaz naturel et le charbon, elles sont très peu exploitées de nos jours. L'hydro-électricité, apparue au début du siècle, occupe maintenant la quatrième position, suivie de l'énergie nucléaire.

Un aspect curieux et inquiétant de ce changement: alors qu'au temps de Sir John A. les sources renouvelables couvraient la presque totalité des besoins énergétiques, elles n'en couvrent plus aujourd'hui qu'environ 10%. Autrement dit, nos principales sources d'approvisionnement sont tarissables.

Dans quelle situation nous trouverons-nous dans un siècle? C'est une question qu'il faut poser car elle est importante.

Écoutons le Dr Steward: «Je ne veux pas spéculer sur l'avenir mais je voudrais que les prévisionnistes vérifient leurs théories et leurs modèles à l'aide des données que j'ai réunies. Peuvent-ils prévoir la situation actuelle en parlant de ce qui était connu lorsque les politiciens de l'Ontario et du Québec sont allés dans les Maritimes pour régler leurs différences d'opinions et proclamer la Confédération? Je ne saurais dire si Sir John A. Macdonald s'est jamais enquis de notre avenir énergétique à ce moment-là, ou si on aurait pu lui fournir une réponse fondée. Il ne faut pas oublier qu'à son époque la possibilité d'exploiter des formes d'énergie aussi exotiques que l'énergie nucléaire n'avait même pas encore effleuré l'esprit humain. La réponse est peut-être que les affaires humaines sont si complexes et si difficiles qu'elles ne se prêtent pas aux prévisions.» □

Texte français: Claude Devismes

SCIENCE DIMENSION



Conseil national
de recherches Canada

National Research
Council Canada

Vol. 11, N° 2, 1979

ISSN 0036-830X

Cité dans l'Index de périodiques canadiens

Cette publication est également disponible
sous forme de microcopies.

SOMMAIRE

5 Les cristaux liquides

Nouveau moyen d'expression
artistique

9 Le ciel comme point de vue

Exposé sommaire sur l'étalonnage
des appareils pour photographie
aérienne

13 La contribution canadienne à la navette spatiale

Démonstration du bon
fonctionnement de son bras
artificiel

15 La recombinaison de l'ADN

Clé des mystères génétiques

19 L'indicateur de rendement pour calorifères

Auscultons la cheminée

21 Nouveau matériau pour réparer les fondrières

Un composé durable et
économique

25 Éruptions sur des soleils lointains

Une équipe internationale à
l'écoute

29 La rivière des Outaouais

Conclusion d'une étude
quinquennale

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.

Directeur Loris Racine

Rédacteur en chef Wayne Campbell

Rédacteur exécutif Joan Powers Rickerd

Conception graphique ACART Graphic Services

Coordonnatrice de la rédaction Diane Bisson Staigh

Liquid crystals

A new dimension in painting

Often in science, a researcher's laboratory work spills over into his private life. NRC's David Makow is a case in point. The chemicals that he works with at his lab bench during the day, liquid crystals, represent the materials of his after hours avocation - painting. By marrying a knowledge of liquid crystal physics to his artistic flair, Makow has produced canvasses unique in the visual arts.

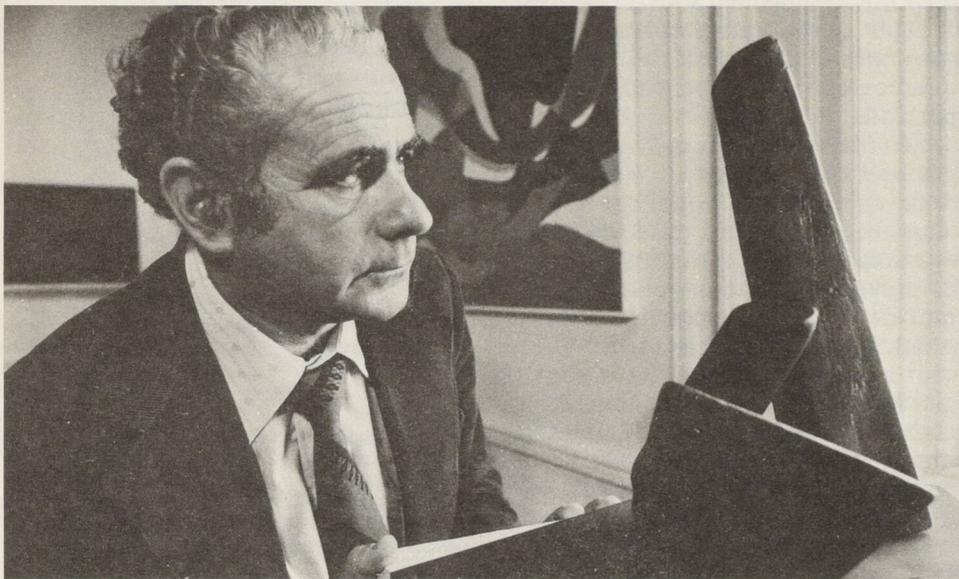
Visitors who attended "Science in Art in Science", an artistic exhibition held in Ottawa last fall as part of Canada's first Science and Engineering Week, were shown some unusual paintings. Shimmering with brilliant, shifting colors, they seemed to change as one moved around them or, in some cases, just by looking at them for a few minutes; on one painting an image of the moon vanished slowly when a heat lamp was shone on it, only to return when the lamp was turned off.

For many of the visitors, this was their first peek at a promising new technique in the visual arts. Called liquid crystals, they were first used as an art form by Dr. David Makow, a research scientist at the National Research Council's Division of Physics in Ottawa.

Discovered in 1889 by an Austrian botanist, these strange organic compounds were known to share some of the properties of both ordinary liquids and crystalline solids, but interest in them lagged for many years as they were considered merely a scientific curiosity, with little or no practical application. In the past ten years, however, scientists have found them most suitable for many new technological applications, particularly as watch and calculator displays and sensitive temperature indicators. Recently, they were also shown by Dr. Makow to offer attractive possibilities as a medium for artistic expression.

A serious painter and sculptor for the past 20 years and a research scientist at the National Research Council of Canada for twenty-eight years, David Makow's work in the Optics Section involves studies in several areas of the science of color, particularly those concerned with colored materials.

Dr. Makow was assigned the study of the optical properties of liquid crystals some two years ago, but he had earlier developed an interest in these materials in his spare time as a painter and sculptor.



Dr. David Makow, a research scientist with NRC's Optics Section, has pioneered the use of liquid crystals for artistic purposes. Some of his works, demonstrating the unusual optical properties of liquid crystals, were displayed as part of Science in Art in Science, an exhibition organized in Ottawa, in October, 1978, during Canada's first Science and Engineering Week. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Le Dr David Makow, chercheur à la section d'optique du CNRC, a été le premier artiste à se servir des cristaux liquides pour la réalisation d'œuvres d'art. Quelques-unes de celles-ci, illustrant les propriétés optiques inhabituelles des cristaux liquides, ont été présentées lors d'une exposition intitulée «La Science dans les arts, les arts dans la Science», tenue à Ottawa en octobre dernier dans le cadre de la première Semaine des sciences et du génie organisée au Canada. (Ph. Bruce Kane, CNRC)

Liquid crystals - A profitable potential market for Canadian companies?

With increasing leisure time at their disposal, Canadians are taking a more active interest in painting as a hobby, and as liquid crystal paints become better known to the general public, a potentially lucrative market could open up for Canadian companies specializing in art supplies. At present, liquid crystal paints are very expensive (typically selling at hundreds of dollars a litre) and have to be imported from the United States as there is no Canadian source. Already, a substantial number of artists have expressed an interest in these paints, and the prospects for a viable commercial venture in art supplies are improving.

"For scientists and engineers," says Makow, "liquid crystals are a fascinating field of investigation and the source of many useful applications. Being a state of matter intermediate between liquids and crystalline solids, these compounds (most are organic or carbon-containing) exhibit the molecular mobility of liquids but at the same time a degree of order characteristic of crystals.

"Of the more than one million organic compounds known, at least 20,000 have a liquid crystalline phase; that means that as you heat the solid and melt it, it does not change immediately into a disordered liquid; instead, while the molecules are free to move, they retain a certain collective order, either pointing in a certain direction, or grouped in well-defined layers depending on the type of liquid crystal involved. If you continue heating the liquid, the crystalline properties are lost and it becomes an ordinary liquid.

"The forces that keep liquid crystal molecules in a certain orientation are very weak and easily affected by factors like temperature, electrical or magnetic fields, or ultrasonic waves. This makes them eminently suitable for use as sensors and has led to growing numbers of applications ranging from monitors in the study of air circulation around aircraft models in wind tunnels, to 'fever headbands' that you can

Les cristaux liquides

Une nouvelle dimension picturale

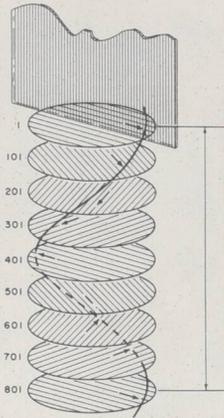
Les travaux en laboratoire d'un chercheur scientifique ont souvent une incidence sur sa vie privée. C'est le cas pour le Dr David Makow, chercheur du CNRC. Les cristaux liquides, composés chimiques auxquels il consacre ses travaux scientifiques, le jour, lui servent également à pratiquer son passe-temps favori, la peinture, durant ses loisirs.

Lors de la présentation de l'exposition artistique intitulée «La Science dans les arts, les arts dans la Science», tenue à Ottawa l'automne dernier dans le cadre de la première Semaine scientifique organisée au Canada, on a pu admirer des peintures aux couleurs chatoyantes d'aspect tout à fait inhabituel. Ces peintures semblaient se transformer à mesure que l'on passait devant elles, ou qu'on les regardait pendant quelques minutes. Dans le cas de l'une d'entre elles, intitulée «Moon and Earth», on pouvait effacer temporairement une image de la Lune au moyen d'une lampe chauffante; cette image réapparaissait en quelques secondes dès que l'on éteignait la lampe chauffante.

Plusieurs visiteurs ont ainsi pu s'initier à un nouveau moyen d'expression artistique intéressant, les cristaux liquides, composés employés pour la première fois à cette fin par le Dr David Makow, chercheur attaché à la Division de physique du Conseil national de recherches à Ottawa.

Étranges composés découverts en 1889 par un botaniste autrichien, les cristaux liquides réunissent quelques-unes des propriétés des liquides ordinaires et des solides cristallins. Pendant nombre d'années, on s'est fort peu intéressé à eux du fait qu'ils n'offraient, croyait-on, aucune application pratique et n'étaient qu'une simple curiosité scientifique. Au cours de la dernière décennie, toutefois, les scientifiques s'en sont servis pour un grand nombre d'applications pratiques allant des affichages numériques des montres et des calculatrices numériques à la mesure précise des températures. Récemment, le Dr Makow a commencé à s'intéresser à la possibilité d'en faire un nouveau moyen d'expression artistique.

Peintre et sculpteur très actif depuis vingt ans et chercheur au Conseil national de recherches depuis vingt-huit ans, le Dr Makow appartient à la section d'optique du CNRC et ses travaux actuels portent sur diverses questions reliées au phénomène de la couleur, et notamment aux propriétés des substan-



Représentation schématique d'un cristal liquide cholestérique. Les molécules en forme de bâtonnets de ce composé sont disposées en couches parallèles et superposées. Dans chaque couche successive, les molécules tournent d'un petit angle, ce qui produit une structure moléculaire ressemblant quelque peu à un escalier en colimaçon; à intervalles réguliers, on retrouve des couches orientées de façon identique (par exemple, les couches 1 et 801). De telles structures périodiques favorisent fortement la réflexion de certaines couleurs et présentent des couleurs chatoyantes semblables à celles de certains papillons et des bulles de savon. (Illustration: Dr David Makow, CNRC)

A model of cholesteric liquid crystals. The rod-like molecules are arranged in parallel layers, with the direction of the rods being rotated by a small angle in each succeeding layer. The overall effect is an array of molecules shaped like a spiral staircase with identically oriented layers (for instance 1 and 801) being repeated periodically. Such periodic structures tend to reflect light of certain colors strongly, giving rise to brilliant colors similar to those of some butterflies and soap bubbles. (Drawing: Dr. David Makow, NRC)

ces colorées.

Depuis deux ans, le Dr Makow a été chargé d'effectuer une étude des propriétés optiques des cristaux liquides, substances auxquelles il s'était déjà intéressé auparavant dans ses loisirs, à titre de peintre et de sculpteur.

«Pour le scientifique et l'ingénieur», de dire le Dr Makow, «les cristaux liquides représentent un domaine d'étude fascinant et ils peuvent être utilisés pour un grand nombre d'applications. Comme il s'agit là d'un état de la matière qui réunit certaines propriétés des liquides et des solides cristallins, on retrouve dans ces substances (dont la plupart sont des composés organiques à base de carbone) la mobilité moléculaire des liquides ainsi qu'un ordre semblable à celui des cristaux.

«On connaît actuellement plus d'un million de composés organiques, dont au moins 20 000 deviennent des cristaux liquides dans un certain intervalle de température. Quand on les chauffe pour les faire passer de l'état solide à

Les cristaux liquides Un marché lucratif pour les entreprises canadiennes?

Un nombre croissant de Canadiens, disposant de plus en plus de loisirs, s'intéressent à la peinture en amateurs. Le grand public commence à se familiariser davantage avec les peintures à cristaux liquides, ce qui pourrait ouvrir un marché intéressant pour les fabricants canadiens de fournitures artistiques. Actuellement, les peintures à cristaux liquides coûtent très cher (des centaines de dollars le litre) et doivent être importées des États-Unis, en l'absence d'un fournisseur canadien. Plusieurs artistes canadiens se sont déjà dits intéressés à en acheter, et les perspectives de lancement d'une entreprise commerciale rentable dans ce domaine sont de plus en plus encourageantes.

l'état liquide, ils ne se transforment pas immédiatement en un liquide désordonné en fondant: leurs molécules demeurent libres de se déplacer mais conservent une orientation collective, qu'elles pointent toutes dans la même direction ou se retrouvent groupées dans des couches bien définies selon le type de cristal liquide auquel on a affaire. Si on porte un cristal liquide à une température suffisante, il perd ses propriétés cristallines et se comporte comme un liquide ordinaire.

«Les forces qui maintiennent les molécules des cristaux liquides dans une certaine orientation sont très faibles et aisément affectées par des phénomènes tels que la température, les champs électriques ou magnétiques, et les ultrasons. Ces composés se prêtent donc très bien à la fabrication de divers types de capteurs et sont employés pour une large gamme d'applications allant de l'étude de la circulation de l'air autour de maquettes dans des souffleries à la mesure de la température corporelle. C'est ainsi qu'il existe maintenant des bandeaux spéciaux que l'on place sur le front d'une personne pour voir si elle fait de la fièvre. Les cristaux liquides pourraient également conduire à la réalisation éventuelle d'appareils aussi révolutionnaires que des récepteurs de télévision couleur plats, que l'on accrocherait au mur.»

Le Dr Makow s'intéresse particulièrement

place on your forehead to show if your temperature is normal, and even to futuristic possibilities such as flat screen color television sets that simply hang on a wall like picture frames.”

Cholesteric liquid crystals – compounds similar to those that accumulate in blood vessels causing arteriosclerosis – are of particular interest to Makow. The rod-like molecules are arranged in parallel layers and in each succeeding layer, the direction of the rods is rotated by a small angle, the overall effect being an array of molecules shaped somewhat like a spiral staircase with identically oriented layers being repeated periodically. Such periodic structures tend to reflect light of certain colors strongly due to constructive interference, the phenomenon responsible for the brilliant colors of certain butterflies and beetles, soap films and gasoline stains in rain puddles.

Dr. Makow and his colleague Dr. C.L. Sanders have studied the colors of cholesteric liquid crystals which are very different from those of ordinary pigments and paints.

“A blotch of blue paint looks blue to you because it absorbs most colors and scatters blue light,” explains Makow. “Cholesteric liquid crystals, on the other hand, absorb very little light. Transparent to most colors, they reflect light of specific colors strongly, the wavelength of the reflected light depending on such factors as the chemical nature of the cholesteric liquid crystal, its temperature and the angle of illumination and observation. The reflected light also shows unexpected additive properties. That is, if you superimpose a red-reflecting layer of liquid crystal on a green-reflecting layer, the result looks yellow, while ordinary red paint mixed with green paint would look grey-brown as most colors would be absorbed.”

According to Dr. Makow, there is considerable potential in art for liquid crystals. Because of their unique optical properties, they can be used to make spectacular sculptures and paintings that respond to the environment and the individual viewer. “If you walk by them, their brilliant colors change; if the room gets colder or warmer, even marginally in some cases, they also change. It is in fact possible to make a painting with several superimposed liquid crystal layers, each of which produces a picture over a limited temperature range; for instance a summer scene when the ambient temperature is 24°C and a winter scene when the room temperature drops to 18°C.”

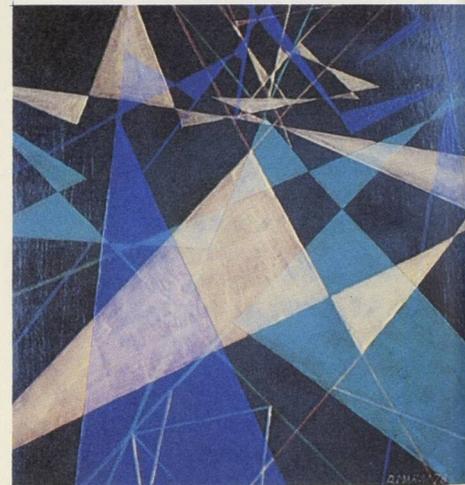


The large blue Peruvian butterfly at the center of this picture is a striking example of natural interference colors. The layered structure of its wings greatly reinforces reflections of blue light. Just as in the case of certain liquid crystal paintings, the color of the wings changes when viewed at a glancing angle. The colors of the smaller butterflies originate from a more common mechanism, also found in ordinary pigments and paints, the absorption of most light wavelengths by the bulk of their material which scatters light of some colors preferentially. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Ce grand papillon bleu, originaire du Pérou, offre un exemple remarquable de couleurs d'interférence naturelles. Les couches multiples que l'on retrouve dans ses ailes favorisent la réflexion de la lumière bleue. Tout comme certaines peintures réalisées à l'aide de cristaux liquides, les ailes de ce papillon changent de couleur sous incidence rasante. La couleur des petits papillons qui l'entourent provient d'un mécanisme que l'on retrouve également dans les peintures et colorants ordinaires: la substance dont ils sont formés absorbe la plupart des couleurs mais diffuse de façon marquée certaines couleurs. (Ph. Bruce Kane, CNRC)



This painting by David Makow, entitled “Triangles”, illustrates some of the unique properties of liquid crystals. As you look at it from different directions, the colors change; for instance, a large diagonal triangle goes from a light green to a brownish red. Some of the triangular figures shown on this painting also demonstrate the special additive properties of liquid crystal-based paints: their colors superimpose in the manner of colored lights rather than like ordinary pigments. For example, green over red gives yellow, and blue over red appears purple. (Photo: Bruce Kane, NRC)

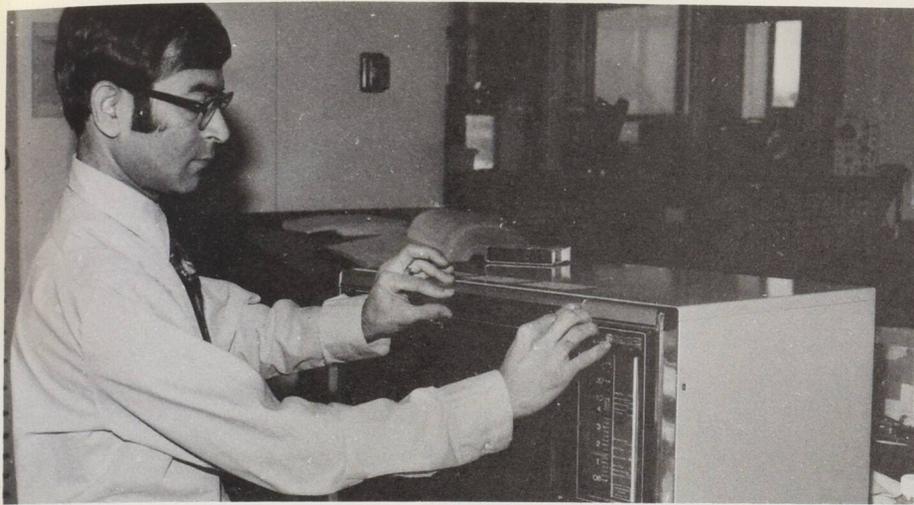


Cette toile de David Makow, intitulée «Triangles», illustre quelques-unes des propriétés remarquables des cristaux liquides. Les couleurs qu'elle présente changent selon l'angle d'observation: ainsi, un grand triangle passe du vert pâle à une teinte rougeâtre. Certaines des figures triangulaires de cette toile illustrent également les propriétés additives spéciales des peintures à cristaux liquides: leurs couleurs s'additionnent comme celles des faisceaux lumineux plutôt que des pigments ordinaires. Ainsi, la superposition du vert et du rouge produit du jaune, et celle du bleu et du rouge produit du mauve. (Ph. Bruce Kane, CNRC)

David Makow has demonstrated many of the unusual properties of liquid crystals in paintings and sculptures first viewed at Ottawa's York Gallery two years ago, at a meeting of the Canadian Society for Color last spring, and on several other occasions (his next ex-

hibition is at Ottawa City Hall in October, 1979). He hopes to make other artists increasingly more aware of the possibilities of this fascinating new medium for the visual arts. □

Michel Brochu



Liquid crystals have been used by researchers from the Electromagnetic Engineering Section of NRC's Division of Electrical Engineering as the basis for a simple probe to measure radiation leakage from defective microwave ovens. Here, DEE scientist Dr. Satish Kashyap demonstrates operation of the device: a strip of microwave absorbent material coated with a film of liquid crystal. Heat is generated in the microwave absorber and the liquid crystal film changes color in proportion to the amount of radiation leakage (the area with the greatest amount of leakage is the lighter oval between Dr. Kashyap's hands). (Photo: Bruce Kane, NRC)

Des chercheurs de la section de génie électromagnétique de la Division de génie électrique du CNRC ont mis au point un moyen simple de détecter les radiations qui pourraient s'échapper d'un four à micro-ondes défectueux. Le Dr Satish Kashyap, chercheur à la DGE, effectue un test au moyen de ce dispositif fait d'une couche de cristal liquide appliquée sur une bande d'un matériau ayant la propriété d'absorber les micro-ondes et donc de se réchauffer. Ce réchauffement produit un changement de couleur de la couche de cristal liquide en fonction de l'intensité des micro-ondes (en l'occurrence, l'ovale de couleur plus claire, entre les mains du Dr Kashyap, correspond à la zone d'intensité maximum). (Ph. Bruce Kane, CNRC)

rement aux cristaux liquides cholestériques, composés semblables au «cholestérol» qui se forme dans les vaisseaux sanguins des personnes atteintes d'athérosclérose. Les molécules en forme de bâtonnets de ces composés sont disposées en couches parallèles et superposées. Dans chaque rangée successive, les molécules tournent d'un petit angle, et l'effet d'ensemble est de produire une structure moléculaire ressemblant un peu à un escalier en spi-

rale; on retrouve des couches orientées de façon identique à intervalles réguliers. De telles structures périodiques favorisent fortement la réflexion de certaines couleurs grâce au phénomène de l'interférence constructive, qui est aussi la cause des couleurs brillantes de certains papillons et scarabées, des bulles de savon et des traînées d'essence dans les flaques d'eau.

Le Dr Makow et son collègue, le Dr C.L. Sanders, étudient les couleurs des

cristaux liquides cholestériques, qui sont très différentes de celles des peintures et des pigments ordinaires.

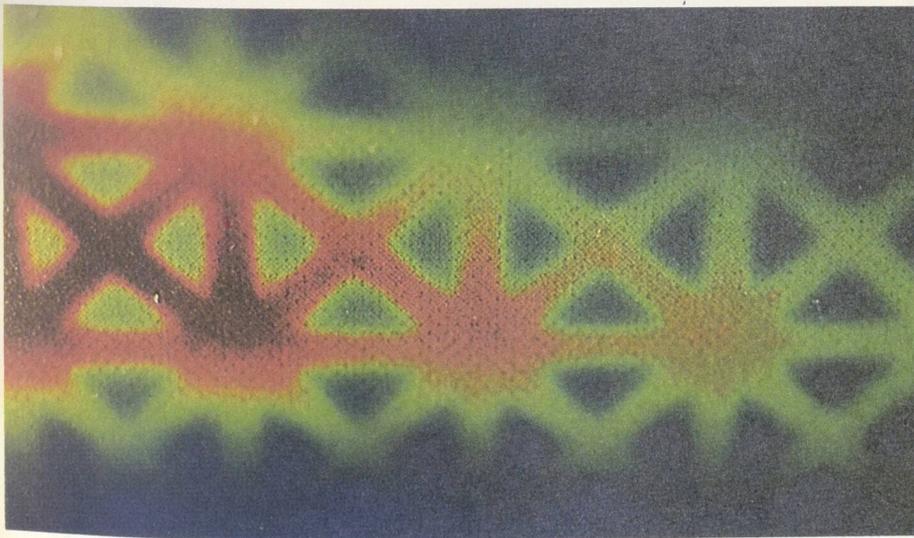
«Une tache de peinture bleue vous semble bleue parce qu'elle absorbe la plupart des couleurs et diffuse la lumière bleue», d'expliquer le Dr Makow. «Par contre, les cristaux liquides cholestériques n'absorbent que très peu de lumière. Ils laissent passer la plupart des couleurs mais réfléchissent fortement la lumière de certaines longueurs d'onde (couleurs) spécifiques qui dépendent de facteurs tels que leur composition chimique, leur température et l'angle d'incidence et d'observation de la lumière. La lumière ainsi réfléchie possède des propriétés additives inattendues. Si on superpose une couche de cristal liquide «rouge» (qui réfléchit fortement le rouge) sur une couche «verte», on obtient du jaune; par contre, si on mélange de la peinture rouge et de la peinture verte ordinaires, on obtient une teinte gris-brun puisque la plupart des couleurs sont alors absorbées.»

Selon le Dr Makow, les cristaux liquides offrent un grand intérêt pour les arts visuels. En raison de leurs propriétés optiques exceptionnelles, ils permettent de réaliser des sculptures et des peintures spectaculaires qui réagissent à leur environnement et à la présence de chaque spectateur.

«Il suffit de passer devant ces peintures pour que leurs couleurs paraissent changer; si la température ambiante change même légèrement, dans le cas de certains cristaux liquides, leurs couleurs changent également. Il serait même possible de peindre une toile faite de plusieurs couches superposées de cristaux liquides produisant chacune une image différente à l'intérieur d'un intervalle de température restreint; par exemple, on pourrait avoir une scène estivale pour une température ambiante de 24°C et une scène hivernale si la température ambiante tombe à 18°C.»

Le Dr Makow a illustré plusieurs de ces propriétés remarquables des cristaux liquides au moyen de peintures et de sculptures qu'il a exposées pour la première fois à la galerie York d'Ottawa, il y a deux ans, ainsi qu'à une assemblée de la Canadian Society for Color, le printemps dernier, et en diverses autres circonstances (sa prochaine exposition se tiendra dans le foyer de l'Hôtel de ville d'Ottawa en octobre 1979). Il a bon espoir que d'autres artistes s'éveilleront aux possibilités fascinantes de ce nouveau moyen d'expression artistique. □

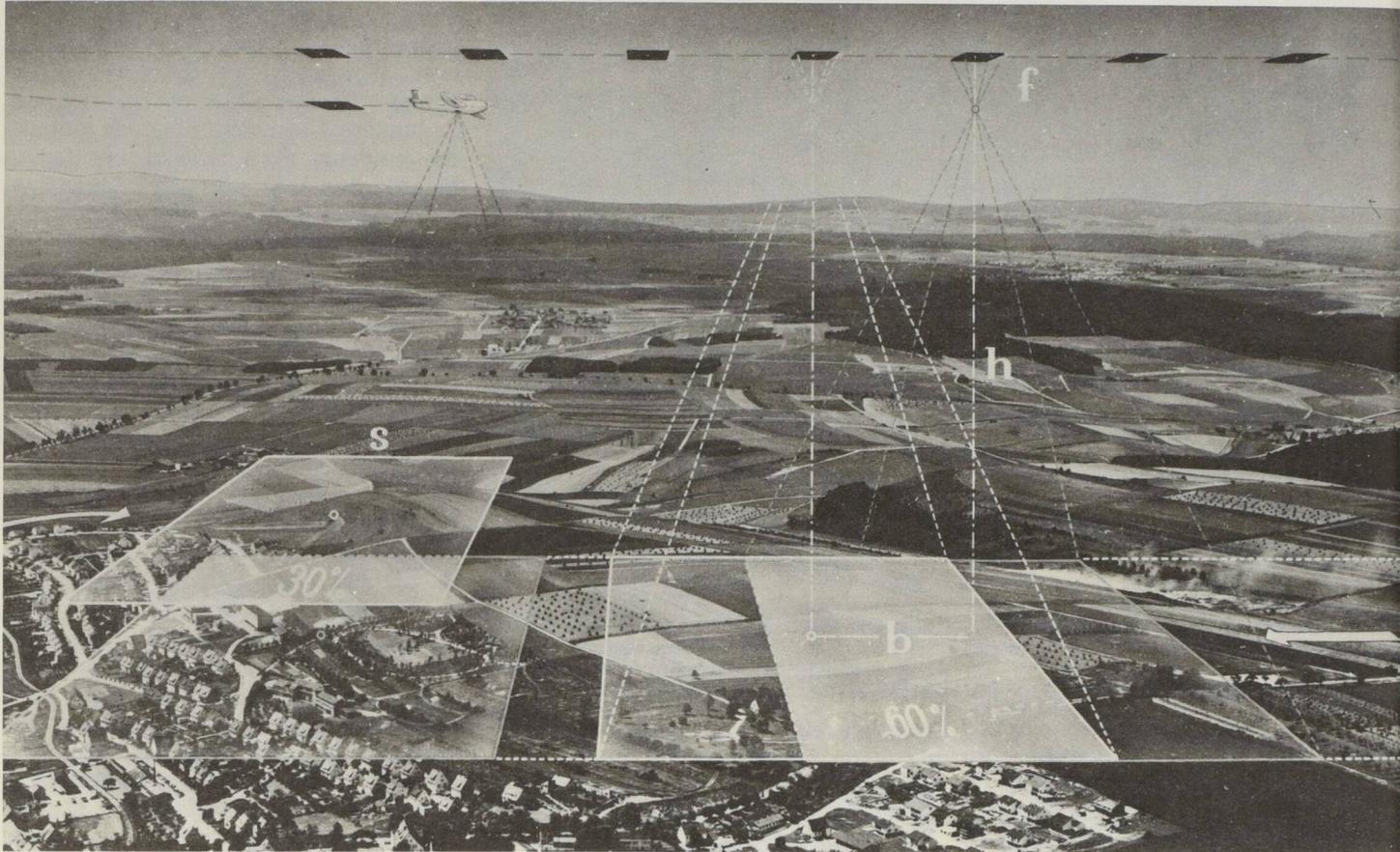
Michel Brochu



A sheet of liquid crystal-coated material displays in vivid color temperature variations across an underlying metal grid (blue areas are warmer than red ones). (Photo: Bruce Kane, NRC)

On peut mettre en évidence la gradation de la température sur un grillage métallique en y apposant une feuille recouverte d'une couche de cristal liquide (les zones bleues sont plus chaudes que les zones rouges), qui prend alors des teintes très vives. (Ph. Bruce Kane, CNRC)

Air survey cameras Focus on calibration



(Carl Zeiss Canada Ltd.)

An NRC physics laboratory uses the most up-to-date equipment and techniques to calibrate virtually all air survey cameras in Canada.

For most of us, using the phrase "bird's eye view" is a graphic way of describing perspective. It conveys the image of looking down on something from a great height. In recent years, the same turn of phrase could be applied to the techniques of aerial survey mapping.

Modern air survey photography is the most cost effective way of making maps which are useful in such areas as urban planning or resource management. Normally, such air survey work is done by private firms (20 or so in Canada) under contract to provincial organizations or the federal Department of Energy, Mines and Resources. Quite simply, mapping runs are made with special cameras and equipment flown by aircraft over large areas of terrain. The photographic record of these passes affords the user a bird's eye view of the scanned area, clearly showing ground features such as roads, farms or cities. The performance of camera units (valued in excess of \$100,000) usually determines the suc-

Depending on intended use, aerial survey mapping is generally done at altitudes ranging from 600 m to over 12 000 m. Lower altitude runs are usually flown by light single-engine aircraft while the higher altitude work is done by jet aircraft.

Because large numbers of aerial photographs are needed to show any specific regions on the ground, a series of consecutive and adjacent overlapping shots must be taken. To do this, a pilot must navigate in set lines and patterns over the target terrain. A certain interval between camera exposures is used to get the right end-to-end and side-to-side overlap of the photo frames. The end-to-end overlap is arranged to pro-

vide stereoscopic coverage, permitting height measurements and hence contour lines on maps. The frames, measuring 23 x 23 cm, cover areas which vary from 1 – 1 000 km².

Besides navigation, the degree of cloud cover is perhaps the most important factor in aerial photography. Too much cloud can obscure an otherwise effective mapping run.

Other factors also come into play. For example, NRC physicists have done experiments to evaluate color film under abnormal conditions of heat. In-flight camera testing has also been done to determine the disturbing influence of aircraft vibration.

cess of any mapping project. Only regular checking of all camera components can ensure that the equipment is working properly.

Since 1951, that checking or calibration service for air survey cameras has been provided by the Optics Section of NRC's Division of Physics.

Early on, the laboratory designed and built its own calibration equipment and has gradually improved its apparatus and measuring techniques over the years to keep pace with the increasing accuracy of newer air survey cameras. Today, the NRC facilities are among the most accurate in the world.

Les appareils pour photographie aérienne

Regard sur l'étalonnage

Un laboratoire de la Division de physique du CNRC se sert des instruments et des techniques les plus modernes pour effectuer l'étalonnage de presque tous les appareils pour photographie aérienne utilisés au Canada.

Pour la plupart d'entre nous, l'expression «vue aérienne» est une façon imagée de décrire la perspective. C'est une façon de dire qu'on regarde quelque chose d'une grande hauteur. Ces dernières années, on a utilisé cette expression pour décrire les photogra-

Selon les besoins, la photographie aérienne servant à la cartographie se fait généralement à des altitudes variant entre 600 m et un peu plus de 12 000 m. Les vols à basse altitude sont effectués par des monomoteurs tandis que le travail en altitude plus élevée est effectué par des avions à réaction.

La cartographie d'une région donnée nécessitant un grand nombre de photographies aériennes, on doit donc prendre une série de clichés successifs se chevauchant partiellement. Pour ce faire, le pilote doit suivre un plan de vol précis et naviguer en ligne droite au-dessus du terrain visé. On laisse s'écouler un certain laps de temps entre les prises de vue de manière à obtenir un chevauchement partiel de tous les côtés des clichés. Les photographies successives sont disposées de façon à restituer, à l'aide d'un stéréoscope, une vision du relief, ce qui permet de déterminer la hauteur des élévations et les courbes de niveau. Les photographies mesurent 23 x 23 cm, et représentent une surface qui varie entre 1 et 1 000 km².

Outre la navigation, la nébulosité est peut-être le facteur le plus important en photographie aérienne. Une nébulosité excessive peut gâcher un relevé aérien qui aurait pu être parfaitement réussi autrement.

D'autres facteurs entrent aussi en ligne de compte. Par exemple, les physiciens du CNRC ont effectué des expériences pour évaluer les films couleur dans des conditions anormales de chaleur. On a aussi procédé à des essais en vol des appareils photographiques pour évaluer l'influence perturbatrice des vibrations de l'avion.

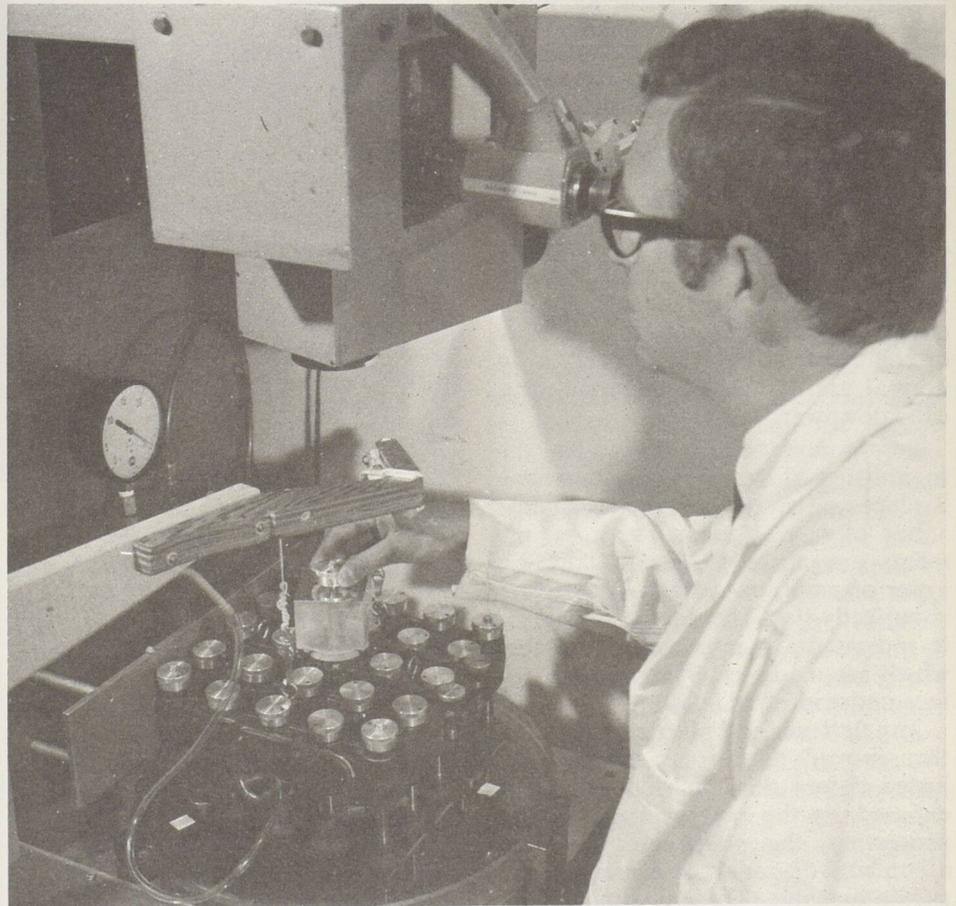
phies aériennes servant à la cartographie.

La photographie aérienne moderne est le moyen le plus économique de faire des cartes qui sont utiles dans des domaines comme l'urbanisme et la gestion des ressources. Habituellement, ces travaux de relevés aériens sont effectués par des compagnies privées (une vingtaine au Canada) travaillant sous contrat pour les organismes provinciaux ou le ministère fédéral de l'Énergie, des Mines et des Ressources. En somme, les relevés sont effectués avec de l'équipement et des appareils photographiques spéciaux transportés par avion au-dessus de vastes étendues. Les clichés ainsi obtenus fournissent aux utilisateurs une vue aérienne de la surface photographiée, révélant clairement ses éléments caractéristiques, comme les routes, les fermes et les villes. Le succès d'un projet de cartogra-

phie dépend habituellement du rendement des appareils photographiques (évalués à plus de 100 000 dollars). C'est uniquement par des vérifications régulières de toutes les parties de ces appareils que l'on peut s'assurer de leur bon fonctionnement.

Depuis 1951, ce service de vérification ou d'étalonnage des appareils de photographie aérienne est assuré par la section d'optique de la Division de physique du CNRC. Dès le début, le laboratoire a conçu et construit ses propres instruments d'étalonnage et a graduellement amélioré ses instruments et ses techniques de mesure pour s'adapter à la précision de plus en plus grande des nouveaux appareils de photographie aérienne. Aujourd'hui, les nouvelles installations du CNRC sont parmi les plus précises au monde.

Avant de livrer les appareils à leurs nouveaux clients les manufacturiers les



A glass photographic plate is flattened against a bed of suction cups. Both the position and shape of the plate's emulsion surface in the camera determine the accuracy of the final image. In most cases, a flat emulsion is the calibration ideal. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Une plaque photographique de verre est aplanie sur un lit de ventouses. L'exactitude de l'image finale dépend de la position et de la forme de la surface de l'émulsion sur la plaque utilisée dans l'appareil photographique. Dans la plupart des cas, l'étalonnage idéal est l'obtention d'une émulsion parfaitement plane. (Ph. Bruce Kane, CNRC)

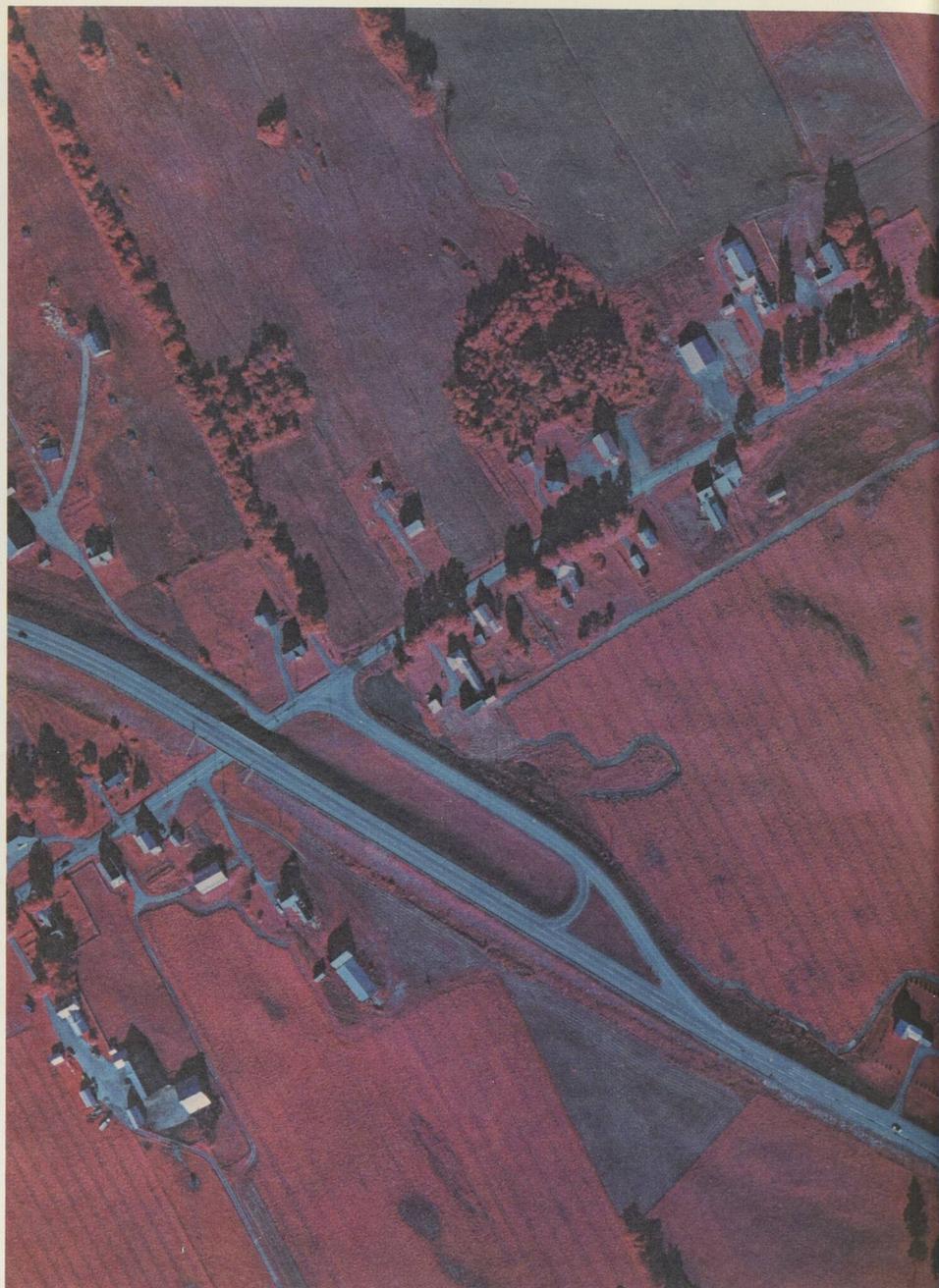
The Optics Section is the only laboratory in the world routinely able to calibrate cameras in the infrared. Infrared cameras are often used to produce so-called "false color" images which are valuable in crop studies. For such experiments, scientists choose film which is sensitive to the green, red and infrared regions of the spectrum. Images are then printed to appear as blue, green and red instead of the true colors of the terrain (photo right). Subtle color differences then allow photo-interpreters to distinguish between the healthy and unhealthy green trees, for instance. In such cases, colors are affected by the chlorophyll content of vegetation. An earlier use, detection of camouflage, was based on distinguishing between the green color of trees and that of paint.

Before selling to buyers, camera manufacturers send their equipment to NRC for calibration. Afterwards, owners normally return the apparatus for re-calibration about once a year. The actual calibration procedure involves several steps. Testing begins at the calibrator, an instrument which provides a series of infinitely-distant targets (an array of cross-hairs) for the camera under test. These targets are positioned at known directions and angles beneath the camera and their images are focussed at infinity by means of a bank of collimators. The camera itself, as in normal use, is levelled to point vertically downward.

Before mounting in the camera, the square-shaped glass photographic plate is placed on a special flattener against a bed of suction cups. There, adjustments are made to ensure that the lower or emulsion surface of the plate is perfectly flat. The degree of flatness is indicated by interference patterns which are made to appear on the surface under infrared light.

The flattener and plate assembly are then moved to the camera and adjusted before the emulsion surface is exposed to the target images. After processing, the plates are measured along both diagonals on a specially-designed machine. These readings of the targets' image positions are used to assess the accuracy of the system, the final step in the calibration procedure.

Although the cameras are generally tested with their filters in place, the filters are also evaluated separately. The



reasons are basically economic. While a filter is a relatively inexpensive component which can be tested in a few minutes, the camera is much more costly and takes several hours to test. Yet a poor filter can degrade the performance of a good camera. This may lead to rejection of the whole assembly if the filter deficiency is not found, or waste of the testing hours if the filter deficiency is discovered only after a camera test. To avoid either case, filters are tested before cameras. When this procedure was first introduced replacement of a poor quality filter often led to improved overall camera performance.

Another important testing procedure involves port glasses, the transparent windows through which air survey cameras must normally focus. The

measurement of deviations in camera port glass is even more important than the measurement of filters because cameras cannot practically be calibrated through their port glasses. These materials usually vary in thickness from 6-12 mm and are made from plate glass. However, use in pressurized aircraft at high altitude requires optical glass of 25 mm thickness or greater. The cost of a 0.1 m² section of this type of glass can reach \$20,000. Normally, port glasses come straight from the supplier to NRC for evaluation, before they are actually installed in aircraft. To complement all these various tests, the NRC laboratory carefully checks shutter operation and shutter speeds with a photocell and oscillograph. □

Wally Cherwinski

La section d'optique est le seul laboratoire au monde capable d'effectuer, de façon routinière, l'étalonnage des appareils photographiques en infrarouge. Ces appareils sont aussi utilisés pour produire des images dites 'en fausses couleurs' qui sont très utiles dans les études portant sur les récoltes. Pour ces expériences les scientifiques choisissent des pellicules sensibles aux bandes verte, rouge et infrarouge du spectre. Les images sont ensuite imprimées pour apparaître bleues, vertes et rouges au lieu de reproduire les véritables couleurs du terrain (photo de gauche). Les différentes teintes obtenues permettent à ceux qui interprètent ces photographies de distinguer les arbres malades de ceux qui sont sains. Dans de tels cas, la chlorophylle contenue dans la végétation agit sur les couleurs. Une des premières applications de cette propriété, la détection du camouflage, était basée sur la distinction qu'il est possible de faire entre le vert des végétaux et celui résultant de la peinture.

envoient au CNRC pour étalonnage. Par la suite, les propriétaires les retournent au CNRC environ une fois par année pour une mise au point. Le processus d'étalonnage comporte plusieurs étapes. Les vérifications commencent avec un instrument d'étalonnage, qui présente à l'appareil photographique une série de cibles faites de divers réticules situés «à l'infini». (Ces cibles sont placées dans des directions et à des angles déterminés sous l'appareil et leur image est formée à l'infini au moyen d'un groupe de collimateurs.) L'appareil photographique, comme pour un usage normal, est mis de niveau avec son axe orienté verticalement en direction du sol.

Avant d'être placée dans l'appareil, la plaque photographique de forme carrée est déposée sur un aplanisseur spécial et appuyée sur un lit de ventouses. C'est là qu'on fait les ajustements pour que la surface inférieure de la plaque, celle qui est recouverte de l'émulsion, soit parfaitement plane. On vérifie le degré de planéité en faisant apparaître des franges d'interférence sur la surface éclairée à l'infrarouge.

Exemple de franges d'interférence obtenues durant le processus d'aplanissement. (Ph. D. de physique)

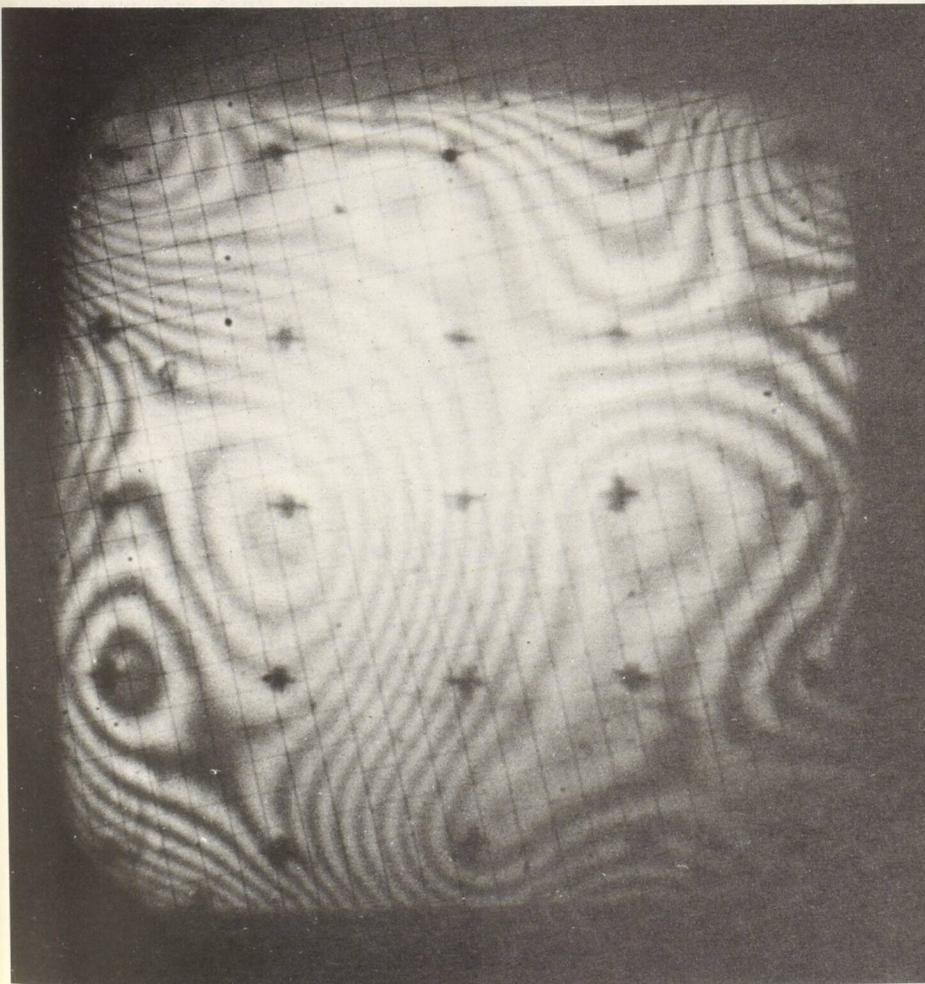
L'ensemble aplanisseur et plaque est ensuite monté dans l'appareil photographique avant que la surface de l'émulsion ne soit exposée aux images cibles. Après cette opération, on mesure les plaques le long de leurs deux diagonales avec un instrument spécialement conçu à cet effet. Ces relevés des coordonnées de l'image des cibles sont utilisés pour évaluer l'exactitude du système, étape finale du processus d'étalonnage.

Quoique les appareils soient généralement vérifiées lorsque leurs filtres sont en place, les filtres sont aussi vérifiés séparément. La raison en est une d'économie. Le filtre est peu coûteux et peut être vérifié en quelques minutes, mais l'appareil est beaucoup plus coûteux et sa vérification exige plusieurs heures de travail. Néanmoins, un filtre en mauvais état peut diminuer le rendement d'un bon appareil et pourrait entraîner le rejet de l'ensemble si un défaut n'était pas décelé, ou une perte de temps à la vérification si ce défaut était remarqué seulement après une vérification de l'appareil photographique. Pour éviter l'une et l'autre situation, on effectue la vérification des filtres avant celle des appareils photographiques. Lorsque cette méthode de vérification a été adoptée, le remplacement d'un filtre de mauvaise qualité a souvent amené une nette amélioration du rendement global des appareils.

Une autre étape importante de la vérification est celle de la fenêtre d'observation, vitre transparente à travers laquelle les appareils de photographie aérienne doivent être mis au foyer. La mesure des aberrations optiques dans les fenêtres d'observation est encore plus importante que celle des filtres parce qu'il n'est pas pratique d'effectuer l'étalonnage des appareils photographiques à travers ces fenêtres. Leur épaisseur varie habituellement entre 6 et 12 mm et elles sont fabriquées avec du verre laminé. Cependant, dans le cas des avions pressurisés volant à haute altitude, elles doivent être fabriquées avec du verre optique de 25 mm d'épaisseur ou plus. Le coût d'une section de 0,1 m² de ce matériau peut atteindre 20 000 dollars. Habituellement, le fournisseur les envoie directement au CNRC pour vérification, avant qu'elles ne soient fixées sur un avion. Pour compléter le cycle de toutes ces différentes vérifications, le laboratoire du CNRC vérifie minutieusement le fonctionnement et la vitesse de l'obturateur avec une cellule photoélectrique et un oscilloscope. □

Texte français: Denise de Broeck

Interference patterns seen during the flattening process. (Photo: Division of Physics)



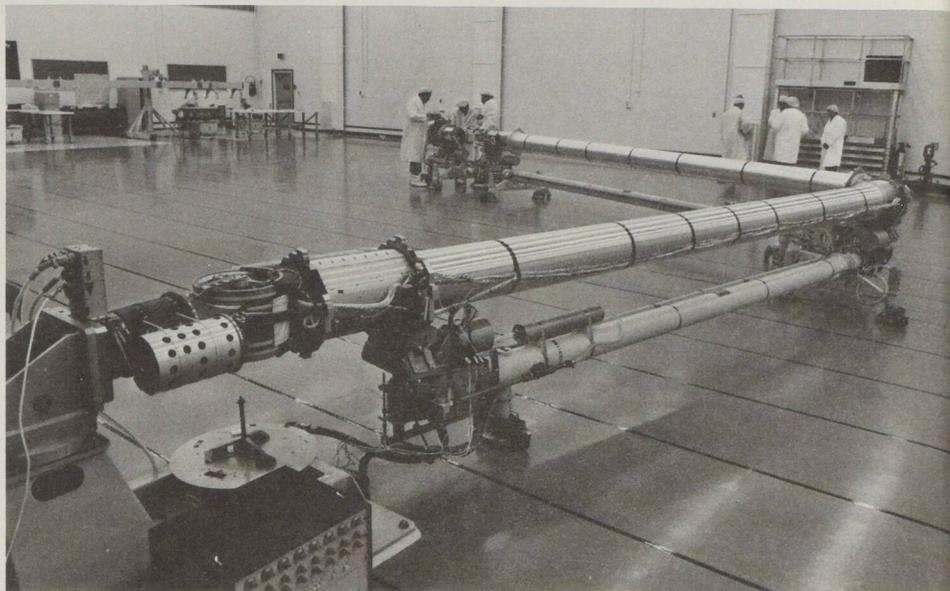
Canada's contribution to the space shuttle

A high-technology floor show

The Space Shuttle, the unique hybrid of rocket, spacecraft and airplane, being built by NASA, is getting a hand – and arm – from Canada: a complex, \$95.4 million, remotely controlled manipulator arm, now in its final stages, and undergoing working demonstrations.

It resembles a magnified human arm – over 15 m long, articulated at shoulder, elbow and wrist, and ending in a cage-like hand. We move down its length, Lilliputians surveying Gulliver, dressed in the paper caps, slippers and lab coats required in a dust-free clean room. There are gear boxes, motors and servo-mechanisms intricately packed into each joint, linked by fat bundles of color-coded cables. The entire machine is laid on a frame which is free to move on air-bearing pads across the ice-smooth floor.

Standing at a control panel, a test engineer begins to put the mechanical arm through its paces. By means of two hand controls – one which he rotates, the other which he pushes and pulls – he issues commands, instantly trans-



Spar Aerospace Limited

formed by computer into a coordinated stream of signals to all the system's components. Smoothly, the arm bends at the elbow, poises, and then reaches towards a target, which, with a quiet whirl of wire cables, it grasps.

It does not take a great leap of the imagination to see how maneuvers similar to this working demonstration will be used in space. A few years hence, remotely controlled from within the crew cabin of a Space Shuttle Orbiter, the arm will pluck telescopes or satellites out of orbit and place them in the spacecraft's large cargo hold; it will launch scientific and industrial payloads carried into orbit by the Shuttle; it will, in brief, help open up a new era in the exploitation of space.

No one has ever built or used anything quite like this before. For a number of years, engineers from a three-company consortium, led by Spar Aerospace Limited of Toronto and under contract to NRC, have been evolving the unique design. The precisely orchestrated process of finding elegant solutions to tricky problems passed two key milestones in 1978: a Critical Design Review (see *Science Dimension*, 1978/4) and a working demonstration of a complete, assembled model of the arm.

Working demonstrations on earth are limited by the inexorable pull of gravity. Once in space, the environment for which it has been designed, the arm and the equipment which it manipulates will be weightless. Here on earth, however, it does not have

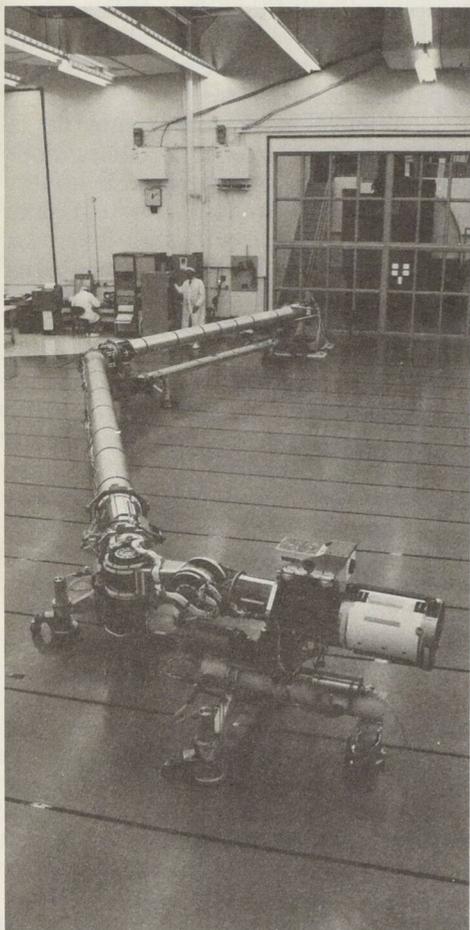
enough strength to support its own weight, let alone that of a massive payload. The best that can be done to physically test the whole system before orbital flight is to place the arm on air-bearing pads (these minimize friction, allowing effortless, floating motions) and operate it only in a single plane, parallel to the floor. Despite these limitations, the tests now under way verify that the integrated system does perform as expected.

During the coming months, the \$95.4 million Remote Manipulator System project enters its crucial final phases. The flight-ready hardware which Canada is contributing to the U.S. space agency is now being manufactured, and will be delivered later this year. NASA is negotiating an order for further manipulator systems with which to equip the planned Space Shuttle fleet.

Space is not the only environment hostile to man in which such tools might prove useful. A joint Canada-West Germany study has found that an advanced manipulator for use on an underwater vehicle – to perform such tasks as repairing pipelines on the ocean floor – is not only technically feasible, but has a potential market.

But it is in space that the prototype arm will get its first full workout. Sometime early in 1980, a Space Shuttle will blast off on a flight largely devoted to giving the Remote Manipulator System its first, definitive, zero gravity test. □

Séan McCutcheon



Spar Aerospace Limited

La contribution du Canada à la navette spatiale

Une démonstration de haute technologie

La navette spatiale, ce remarquable hybride de fusée, de vaisseau spatial et d'avion construit par la NASA, reçoit un coup de main et, pourrait-on dire, de bras, du Canada. Il s'agit d'un bras artificiel télécommandé de haute technologie, coûtant 95,4 millions de dollars, et qui subit actuellement ses derniers essais.

Il ressemble à un bras humain démesuré de plus de 15 m de long, articulé à l'épaule, au coude et au poignet, et se terminant par une main ressemblant à une cage. Tels des Lilliputiens explorant Gulliver et vêtus comme des chirurgiens entrant dans une salle d'opération d'où tout grain de poussière a été banni, nous l'examinons, minutieusement, d'une extrémité à l'autre. Représentés entre eux par d'épais faisceaux de fils électriques codés, des moteurs, des engrenages et des servomécanismes occupent l'espace restreint qui leur a été alloué dans chaque articulation. L'ensemble repose sur un cadre équipé de blocs pneumatiques qui permettent son libre déplacement sur un plancher dont la surface lisse rappelle celle d'une piste de patinage.

Debout devant un tableau de commandes, un ingénieur d'essais soumet le bras mécanique à une série de tests.

À l'aide de deux commandes manuelles, l'une à laquelle il imprime un mouvement de rotation et l'autre qu'il pousse ou qu'il tire vers lui, il donne des ordres qu'un ordinateur transforme instantanément en un flot de signaux dirigés vers chaque élément constitutif du système. En souplesse, le bras se plie au coude, s'arrête momentanément, puis se tend vers une cible que les câbles métalliques tenant lieu de doigts de sa main saisissent à l'issue d'une manoeuvre s'accompagnant d'un ronronnement assourdi.

Il ne faut pas faire un gros effort d'imagination pour voir comment des manoeuvres semblables à celles-ci seront exécutées dans l'espace. D'ici quelques années, télécommandé du poste de commande de l'étage orbital, le bras saisira des télescopes ou des satellites en orbite pour les placer dans la soute de la navette; il lancera les charges utiles scientifiques et industrielles qu'elle aura amenées à pied d'oeuvre; en un mot, il marquera l'avènement d'une nouvelle ère de l'exploitation de l'espace.

Personne n'a jusqu'à présent construit ou utilisé un outil semblable. Depuis plusieurs années, des ingénieurs de trois compagnies constituant un

consortium dirigé par Spar Aerospace Limited, de Toronto, et travaillant sous contrat de CNRC, ont oeuvré à l'élaboration de ce concept original. Orchestré avec précision, le processus grâce auquel on a pu trouver des solutions élégantes à des problèmes épineux a franchi deux étapes cruciales en 1978: l'examen critique (voir Science Dimension 1978/4) et la vérification du bon fonctionnement d'un prototype du bras complet.

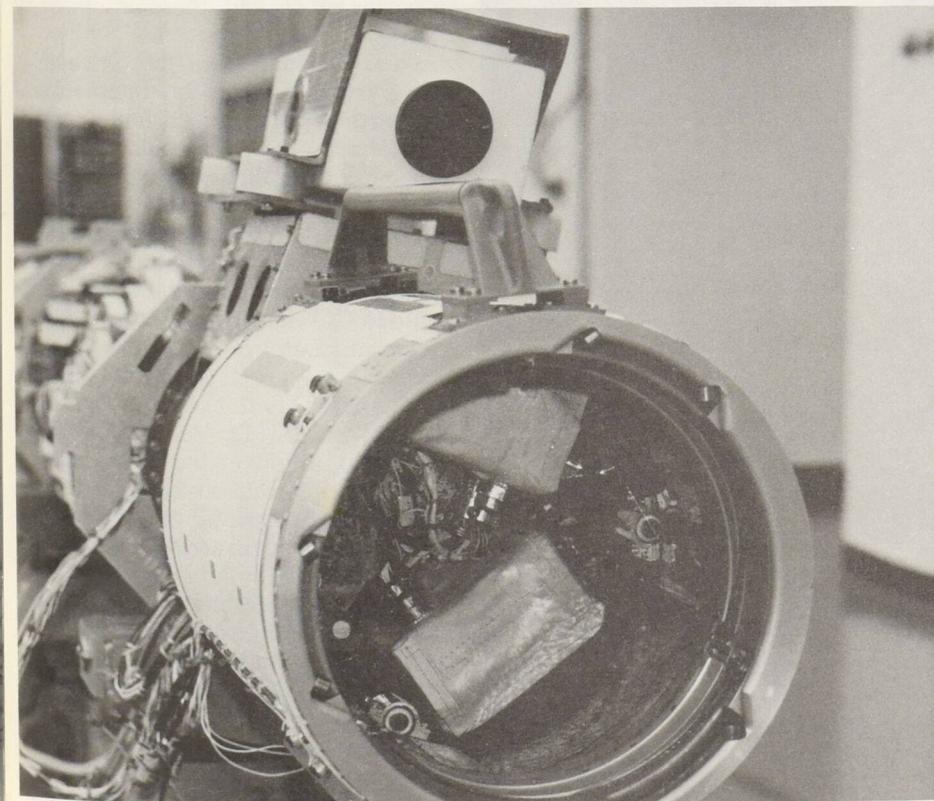
Sur Terre, les essais sur prototype sont forcément limités par la pesanteur. Une fois dans l'espace, c'est-à-dire dans l'environnement pour lequel il a été conçu, le bras et les charges qu'il manipulera n'auront plus de poids; soumis à la pesanteur terrestre, il ne peut supporter son propre poids et donc encore moins une lourde charge. Le meilleur moyen de tester l'ensemble du système avant sa satellisation est de le placer sur des blocs pneumatiques (ils limitent le frottement et facilitent considérablement les manoeuvres) et de ne le faire fonctionner que dans un seul plan, parallèlement au sol. En dépit de ces limitations, les essais en cours permettront de s'assurer que le système intégré se comportera conformément aux spécifications.

Au cours des prochains mois, ce projet de 95,4 millions de dollars abordera ses dernières phases cruciales. L'exemplaire opérationnel du bras que le Canada fournit à l'agence américaine de l'espace est en cours de construction et lui sera livré cet été. La NASA négocie actuellement la commande d'autres télémanipulateurs qui équiperont sa future flotte de navettes spatiales.

L'espace n'est pas le seul environnement hostile à l'homme où de tels outils pourraient s'avérer utiles. C'est ainsi qu'une étude menée conjointement par le Canada et l'Allemagne de l'Ouest a montré qu'un télémanipulateur perfectionné, destiné à un véhicule sous-marin que l'on utiliserait notamment pour réparer des pipelines sur le fond des océans, est non seulement techniquement réalisable mais qu'il existe également un marché intéressant pour ce genre de matériel.

En attendant, c'est dans l'espace, au début de 1980, au cours d'un vol surtout prévu pour cela, que le prototype subira ses premiers essais complets en impesanteur sur une navette spatiale. □

Texte français: Claude Devismes



Spar Aerospace Limited

Recombinant DNA

A revolution in molecular biology

NRC scientists are using the recombinant DNA technique to probe the mysteries of the gene. These efforts may also lead to the successful exploitation of this technique for practical purposes such as the production of hormones.

In all living creatures it is genes that contain the secrets of life. Until recently, the study of genes and how they regulate life's processes has been almost an impossible task. But now, the technique of recombinant DNA promises to be the means by which scientists will more easily unravel these mysteries, and revolutionize molecular biology.

The main problem in studying any particular gene has always been to get enough of it, since in a cell each gene is present in a very, very small amount. With the technique of recombinant DNA, however, scientists can produce as many copies of a specific gene as required. Simply, this is done by inserting the selected gene into the bacterium, *Escherichia coli*, which then

generates new copies of the gene. When this bacterium multiplies, exact duplicates (called clones) are produced, each one containing the foreign gene. By culturing (growing) such clones (bacteria), an abundant supply of the desired genetic material can be harvested, making biochemical studies easier.

This technique also has several promising practical applications, such as the production of the medically-important hormones insulin and somatotrophin (human growth hormone); these may be produced in large quantities, free from contamination and at low cost.

Already, two experiments have been reported in which not only the foreign genes were successfully incorporated into the bacteria but, more important, the proteins which the genes code for were produced by the bacterial enzyme machinery. Herein lies the real trick – the researcher must match wits with the bacterium, first, to fool the bacterium into translating the foreign gene

into protein and second, to prevent it from destroying the protein (such as insulin) before it can be extracted from the bacterium.

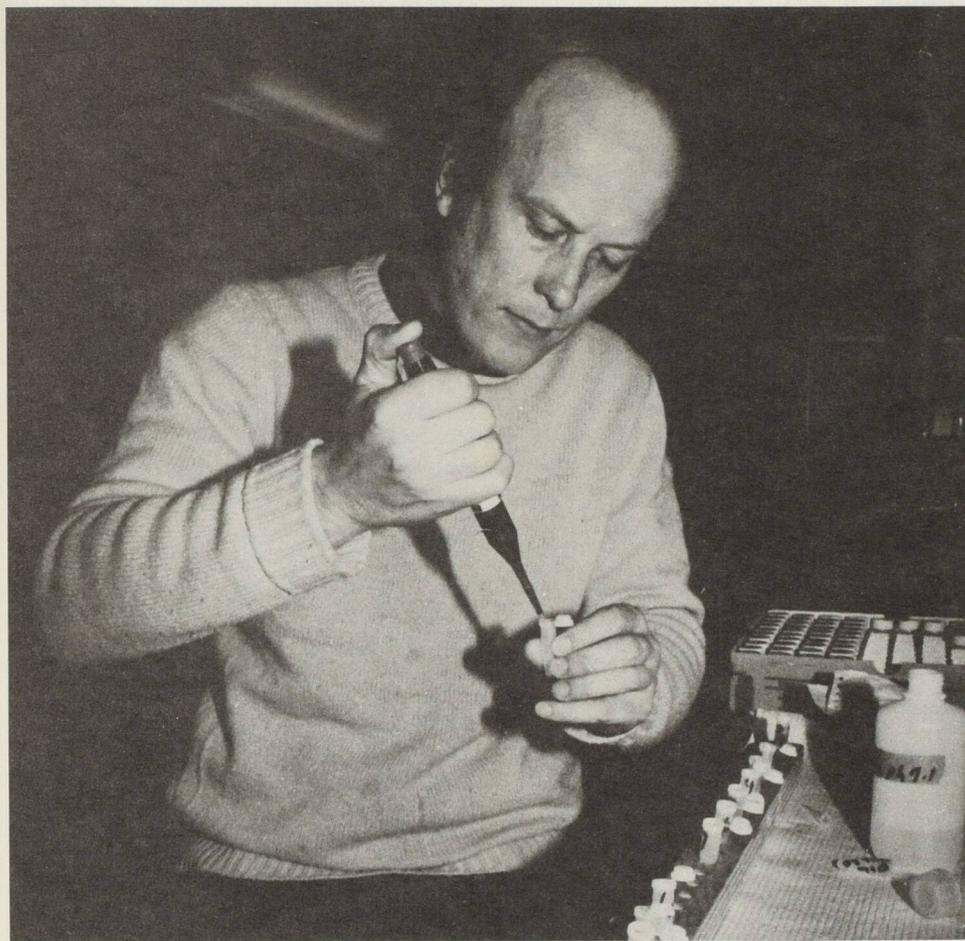
In one celebrated experiment, the gene for the peptide hormone somatostatin was cleverly hidden in one of the bacterium's own genes. When the bacterial enzymes translated the native gene into protein, they also translated the foreign gene without faltering. Another feature in the experimental design allowed the bacterial protein and somatostatin to be linked with a molecule which could be easily cleaved to permit separation of the hormone from the "carrier" protein after they were isolated from the bacterial clones.

The advent of recombinant DNA means different things to different scientists. For some, it is the key to better understanding of genetic expression; to others, it represents easy accessibility to medically-important materials. Whatever the motive, the race for the discovery which will allow the maximum exploitation of this technique is on, with scientists all over the world participating. The prize in this treasure hunt is locked up in the genetics of the bacterium itself. How does the bacterium recognize the difference between its own genes and those inserted by man?

The National Research Council is also participating in this international race with several projects under way in the Laboratory of Molecular Genetics. This multidisciplinary group brings together expertise in molecular genetics, molecular biology and organic chemistry, all necessary specialties for competing with the high-powered, star-studded laboratories in the United States and Europe.

One of the projects, spearheaded by NRC's Dr. David Thomas in collaboration with Dr. D. Verma of McGill University, involves the insertion of a plant gene (from soybean) into the bacterium *Escherichia coli*. The gene codes for a protein termed leg-haemoglobin, an evolutionary marvel because it so closely resembles human haemoglobin. Not only are the two proteins structurally similar, they also perform a similar function – that of binding oxygen.

In leguminous plants, the leg-haemoglobin is indispensable for nitrogen fixation, a process in which atmospheric nitrogen is chemically altered to



Dr. David Thomas, member of the Molecular Genetics Group at NRC. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Le Dr David Thomas de la section de génétique moléculaire du CNRC. (Ph. Bruce Kane, CNRC)

La recombinaison de l'ADN: Une ère nouvelle en biologie moléculaire

Des scientifiques du CNRC se servent de la recombinaison génétique pour élucider les mystères liés aux gènes. Grâce à leurs travaux, ils pourront peut-être tirer profit de ce phénomène et l'utiliser à des fins pratiques comme, par exemple, pour la production d'hormones.

Dans tous les organismes vivants, le code de la vie est contenu dans les gènes. Jusqu'à ces dernières années, l'étude des gènes et de leur rôle dans la régulation des processus biologiques était encore impossible à réaliser. Aujourd'hui, par le biais de la recombinaison de l'ADN, on peut entrevoir la possibilité d'éclaircir les mystères génétiques et d'ouvrir de nouveaux horizons à la biologie moléculaire.

Le problème le plus important lié à l'étude des gènes en général réside dans la difficulté que présente leur extraction étant donné qu'ils sont présents en quantité infinitésimale dans chaque cellule. Grâce à la recombinaison de l'ADN, cependant, les scientifiques peuvent obtenir autant de copies d'un gène particulier qu'ils en désirent. Il leur suffit, pour cela, d'introduire un gène donné dans une bactérie de l'espèce *Escherichia coli* qui, en se multipliant, donne des bactéries identiques (des clones) contenant chacune le gène étranger. La culture de ces clones peut produire des quantités abondantes du matériel génétique nécessaire, ce qui facilite les travaux de recherche biochimique.

Cette méthode permet également d'entrevoir plusieurs applications pratiques comme, par exemple, la synthèse d'hormones très importantes, notamment l'insuline et la somatotrophine (hormone de croissance humaine), et leur production en grande quantité, sous une forme très pure et à un coût peu élevé.

Déjà, au cours de deux expériences, on a non seulement introduit avec succès des gènes étrangers dans une bactérie, mais surtout réussi à obtenir les protéines qui y étaient codées et dont la synthèse a été réalisée à l'aide des mécanismes enzymatiques bactériens. C'est ici qu'il a fallu faire preuve d'ingéniosité: en effet, il s'agissait en premier lieu d'induire la bactérie en erreur de façon à ce qu'elle accepte d'interpréter le message contenu dans les gènes étrangers et de le transposer en protéines et, en second lieu, de l'empêcher de détruire les protéines obtenues

(l'insuline, par exemple,) avant que celles-ci n'en soient extraites.

Au cours d'une expérience remarquable, le gène responsable de la synthèse de l'hormone peptidique appelée somatostatine a été masqué d'une façon très adroite dans un des gènes de la bactérie même. Lorsque les enzymes bactériennes ont transposé les gènes originaux en protéines, elles ont également transposé le gène étranger sans modification. Grâce à un autre tour de force dans la conception de l'expérience, il a été possible d'attacher une protéine bactérienne originale et une molécule de somatostatine à une troisième molécule capable de se cliver facilement et ceci a permis la séparation entre l'hormone et la protéine bactérienne après leur extraction.

La recombinaison de l'ADN peut avoir une signification différente pour chaque scientifique: pour certains, elle conduit à une meilleure connaissance de l'expression génétique, pour d'autres, elle est un moyen d'obtenir sans difficulté des substances de grande importance médicale. Quels qu'en soient les motifs, des scientifiques de tous les pays du monde essaient de découvrir la voie qui leur permettra de tirer le plus grand profit de ce phénomène. Le secret qu'ils espèrent percer réside dans les mécanismes génétiques de la bactérie. Il s'agit de comprendre comment celle-ci fait la distinction entre les gènes qui lui sont introduits et les siens.

Le Conseil national de recherches participe également à cette épopée scientifique internationale et, dans le cadre de ses travaux, de nombreux projets ont été entrepris au laboratoire de génétique moléculaire. Le groupe de chercheurs spécialisés dans plusieurs disciplines qui travaille au sein de cette installation possède la compétence nécessaire dans des domaines tels que la génétique, la biologie moléculaire et la chimie organique; il est ainsi en mesure de concurrencer les centres d'excellence américains et européens dotés de scientifiques éminents.

Un des projets réalisés au CNRC et dirigé par le Dr David Thomas en collaboration avec le Dr D. Verma de l'Université McGill porte sur l'introduction d'un gène végétal (provenant du soja) dans la bactérie *Escherichia coli*. Ce gène renferme le code responsable de la synthèse d'une protéine appelée leg-hémoglobine et qui est une des merveilles de l'évolution étant donné

sa ressemblance étroite avec l'hémoglobine humaine. Ces deux protéines ont non seulement une structure semblable, mais également un rôle commun: celui de fixer l'oxygène.

Chez les légumineuses, la leg-hémoglobine est indispensable à la fixation de l'azote, processus au cours duquel l'azote atmosphérique est chimiquement transformé en composés assimilables par les plantes (ceci élimine la nécessité d'utiliser des engrais azotés). Si les gènes responsables de la fixation de l'azote pouvaient être greffés aux plantes qui en sont dépourvues (comme, par exemple, le maïs), les agriculteurs pourraient réaliser d'énormes économies.

La création de cultures capables de subvenir à leurs propres besoins en engrais est encore, évidemment, un rêve lointain et les réalisations dans ce domaine feront l'objet de progrès graduels dont les applications porteront d'abord sur des systèmes relativement simples puis sur des systèmes de plus en plus compliqués. Finalement, il sera possible d'introduire non seulement un gène particulier dans une cellule végétale donnée, mais également tous les gènes responsables de la production

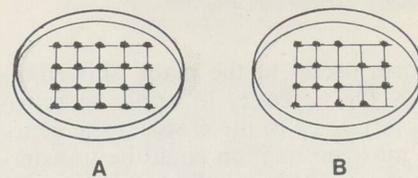
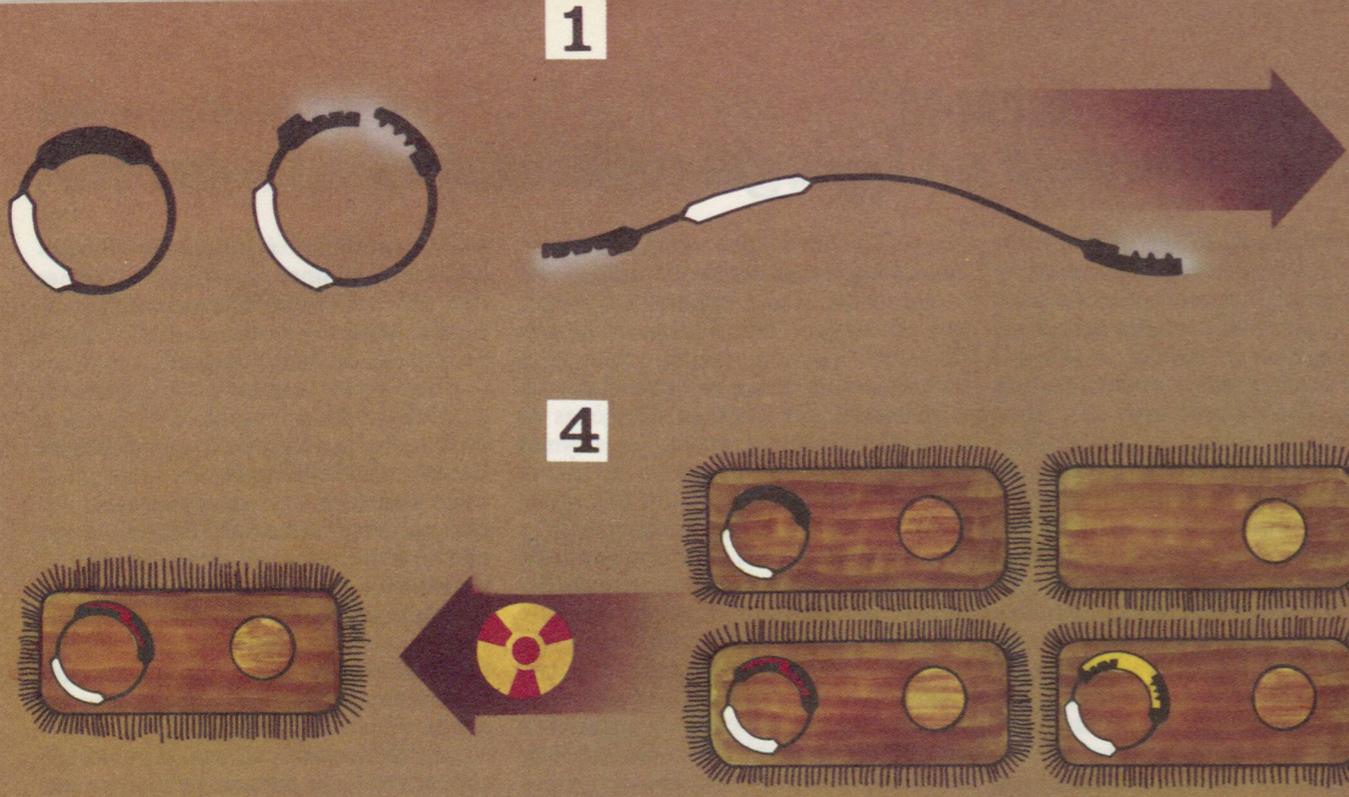


Schéma des boîtes de Pétri utilisées dans le procédé d'étalement par repiquage pour la détection de clones bactériens contenant des gènes étrangers. On ensemence d'une culture bactérienne un milieu nutritif A contenant l'antibiotique ampicilline. Toutes les bactéries qui renferment un plasmide survivent. On prélève à l'aide d'un morceau de feutre une réplique des colonies bactériennes que l'on transfère à un milieu nutritif B. Dans ce dernier milieu, seules les bactéries porteuses de plasmides contenant le gène inaltéré responsable de la résistance à la tétracycline survivent. L'expérience permet de déduire que les colonies présentes dans le milieu A et absentes dans le milieu B renferment des plasmides contenant les gènes étrangers. (Graphique: John Bianchi)

A drawing of replica plates used in the procedure for detecting bacterial clones containing foreign genes. Bacteria are first spread on a nutrient plate, A, containing the antibiotic ampicillin. All the bacteria containing a plasmid survive. A piece of felt is placed on top of plate A and the imprint of bacterial colonies is transferred to plate B. Only those bacterial colonies containing plasmids with intact tetracycline genes survive. Therefore, those colonies in positions on plate A which do not show up on plate B contain plasmids with the foreign genes. (Graphic: John Bianchi)

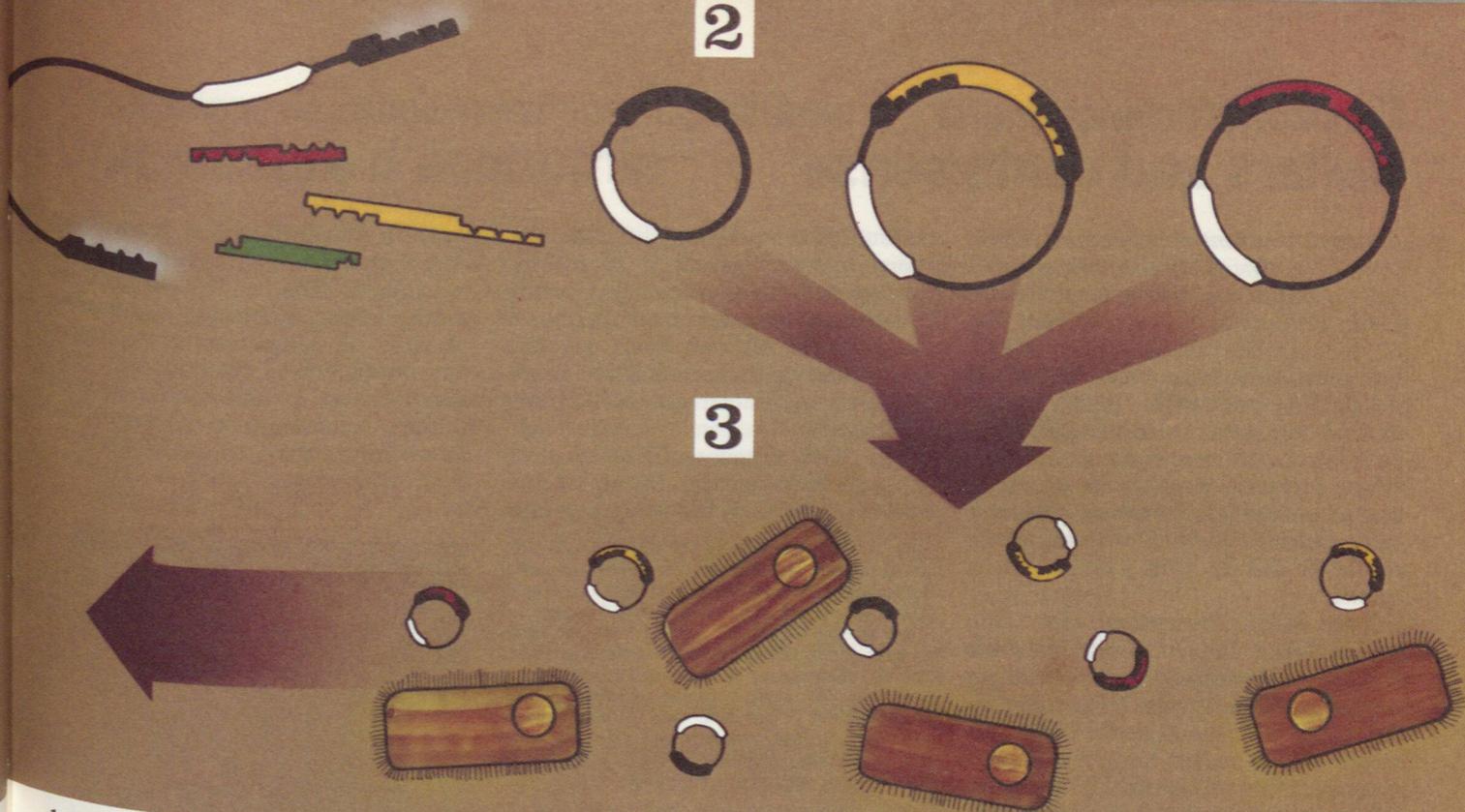


1. Plasmids are naturally occurring pieces of circular DNA which can enter bacteria and make them resistant to antibiotics. In this experiment plasmids containing two gene markers are used; the white gene codes for resistance to the antibiotic ampicillin, the black to tetracycline. A special enzyme is used to cut the tetracycline gene (black) at a specific site, producing "sticky ends".

2. The DNA from any organism, plant, animal or yeast, is extracted and cut into fragments using the same enzyme used to cut the plasmids. The mixture of genes containing the desired gene (red), is combined with the cut plasmids and DNA-joining enzyme. The gene ends and the complementary "sticky ends" of the plasmids are joined, reforming the circular DNA or plasmid.

3. The plasmid mixture is added to a solution of a special strain of *E. coli*, some of which absorb the plasmids. The bacteria treat the absorbed plasmid DNA much the same as their own circular DNA or chromosome.

4. The bacteria with red or yellow genes are selected by a technique called replica plating on nutrient plates, one set containing ampicillin, the other tetracycline. Only those colonies that do not survive on the tetracycline contain the red or yellow genes. To select bacteria containing the red gene, a variety of techniques can be used, such as immunochromatography with radioactive isotopes. (Graphic: John Bianchi)



1. Les plasmides sont des petites boucles d'ADN pouvant pénétrer dans des bactéries et leur conférer la résistance à un ou plusieurs antibiotiques. Cette expérience utilise des plasmides contenant deux gènes marqués; le gène blanc responsable de la résistance à l'ampicilline et le gène noir responsable de la résistance à la tétracycline (ce sont deux antibiotiques). À l'aide d'une enzyme particulière, on coupe le gène responsable de la résistance à la tétracycline (noir) à un endroit précis et ceci permet d'obtenir des «extrémités adhésives».

2. L'ADN d'une cellule quelconque, animale ou végétale, ou même d'une levure, est extrait et coupé en fragments à l'aide de la même enzyme utilisée pour le découpage des plasmides. Le mélange contenant le gène recherché (rouge) est additionné de fragments de plasmides et d'une enzyme permettant le recollage des segments d'ADN. Les extrémités des gènes et les «extrémités adhésives» complémentaires des plasmides se joignent et un nouvel anneau d'ADN ou plasmide est formé.

3. On ajoute à ce mélange une solution contenant une souche particulière d'*Escherichia coli*. Les plasmides pénètrent dans certaines bactéries qui ne peuvent les distinguer de leur propre plasmide ou chromosome.

4. Les bactéries contenant les gènes jaunes ou rouges sont isolées à l'aide d'un procédé appelé également par repiquage sur milieu nutritif; un des milieux de culture contient de l'ampicilline, l'autre de la tétracycline. Seules les colonies qui ne survivent pas sur la tétracycline portent les gènes rouges ou jaunes. Pour séparer la colonie qui porte le gène rouge, on se sert d'une variété de techniques et notamment d'un procédé immunochimique utilisant des isotopes radioactifs. (Illustration: John Bianchi)

a form useful to the plant (this eliminates the necessity of applying nitrogen fertilizers to the crop). If the genes for nitrogen fixation could be transferred to other plant cells (such as corn) which do not fix nitrogen, farmers would realize tremendous cost savings. The creation of crops capable of making their own fertilizer is obviously a distant dream, and the process for realizing it will be a step-by-step effort applied first to simple systems, then to the more and more complex. Finally, not just one, but a whole package of genes will be introduced into selected plant cells providing them with the capability of producing all the enzymes necessary for catalyzing the chemical reactions which convert atmospheric nitrogen into the usable form, nitrates. If Thomas and Verma are successful in producing bacterial clones containing the soybean gene for leg-haemoglobin, they will then attempt to introduce the same gene into yeast, an organism higher on the evolutionary tree than bacteria. What makes the yeast studies

possible is the recent discovery that the same sort of technique can be used for inserting genes into yeast as with bacteria. This involves attaching the desired gene to a vehicle called a plasmid, a circular piece of DNA which can readily enter bacteria or yeasts. However, yeast plasmids are distinct from their bacterial counterparts. One of the problems in recombinant DNA work is how to distinguish those yeast, or bacteria, which contain the plasmid from those that do not. For his experiments with yeast, Thomas solved this problem with an elegant trick; he masterfully attached to the plasmid a gene without which a mutant strain of yeast cannot grow. Simply, if the plasmid is absorbed the mutant yeast grows normally; without the plasmid it does not. Although to date the main international focus has been on bacteria, there are, in fact, so many potential advantages in using yeast for recombinant DNA work that a major part of NRC's effort is now being channelled in this

direction. One of these advantages is increased safety; baker's yeast is not an inhabitant of man like the bacterium *E. coli*, therefore, less likely to create problems. Also, since the genetic controls and mechanisms in yeast resemble ours more closely, we stand to learn much more from them than from the lowly bacteria. It is still not clear whether yeast will completely replace bacteria in recombinant DNA work. Most likely, both organisms will play distinct roles. However, before any widespread benefits are realized from the recombinant DNA technique, one important question still needs to be answered: How does the bacterium (or yeast) distinguish foreign genes from its own? The answer will allow scientists to modify or disguise the foreign gene before it is inserted, fooling the bacterium (or yeast) into thinking the foreign gene is its own. Once this is achieved, scientists can sit back and reap the harvest. □ Sadiq Hasnain

des enzymes qui catalysent les réactions de synthèse des nitrates à partir de l'azote atmosphérique (les nitrates sont des corps azotés utilisables par les végétaux). Si les Drs Thomas et Verma réussissent à obtenir des clones bactériens contenant le gène responsable de la production de la lég-hémoglobine et présent dans le soja, ils essaieront de l'introduire dans des levures, organismes supérieurs aux bactéries sur l'échelle de l'évolution. Il est maintenant possible d'entrevoir la réussite de ces travaux grâce à une découverte récente qui a prouvé que la technique d'introduction de gènes dans des bactéries pouvait s'appliquer aux levures. Pour ce faire, il suffit d'accrocher un gène donné à un plasmide, véhicule constitué d'un anneau d'ADN et pouvant pénétrer sans difficulté dans une bactérie ou une levure. Les plasmides des levures sont toutefois différents de leurs homologues bactériens. Un des problèmes qui se présentent dans ce domaine est de déterminer

dans quelles levures ou bactéries les plasmides ont pénétré. Pour les besoins de ses expériences, le Dr Thomas a surmonté cette difficulté en utilisant un procédé très habile qui consiste à accrocher au plasmide un gène indispensable à la croissance de la souche de levures mutantes utilisée. De ce fait, seules les levures infectées par les plasmides sont capables de se développer normalement. Bien que, jusqu'à présent, les différentes nations qui réalisent des expériences de recombinaisons génétiques se soient surtout servies de bactéries, l'utilisation de levures présente tant d'avantages potentiels qu'une grande partie des travaux de recombinaison génétique effectués au CNRC s'orientent dans cette direction. L'un des motifs qui justifient ce choix est le facteur sécurité; en effet, les levures de bière ne pouvant pas se développer dans le corps humain comme l'*E. coli*, les risques que présente leur utilisation sont moindres. D'autre part, comme les mécanismes et les processus de régula-

tion génétique des levures sont plus proches des nôtres que ceux des bactéries, leur étude pourrait nous être plus utile. Il n'est toutefois pas encore évident que ces organismes remplaceront complètement les bactéries dans les recherches sur la recombinaison génétique; on pourrait plutôt croire qu'ils joueront chacun un rôle particulier. Cependant, avant que l'exploitation des processus de recombinaison génétique ne s'avère profitable à grande échelle, il est nécessaire d'éclaircir un point important: à savoir comment la bactérie (ou la levure) distingue les gènes étrangers de ses propres gènes. En connaissant la réponse à cette question, les scientifiques seront en mesure de modifier ou de masquer les gènes qu'ils désirent implanter de façon à ce que l'organisme récepteur les considère comme les siens. Une fois que ce pas sera franchi il ne restera plus qu'à attendre les fruits de cette découverte. □ Texte français: Annie Hlavats

Furnace efficiency meter Dollars and cents sense

A new instrument developed at NRC's Division of Chemistry promises a simple and rapid means of testing home furnace fitness.

For most Canadians, over half of all the dollars spent each year on energy in the home goes into heating. In these days of energy conservation and spiralling fuel costs it makes sense to have every home furnace working economically and efficiently. Otherwise, many of those dollars may just go up in smoke.

Two NRC researchers, Dr. Don Mitchell and Mr. John Phillips, have recently developed an instrument which promises to make furnace efficiency testing a good deal easier. This single device makes several different measurements in a matter of minutes. By contrast, present methods to take the same readings take much longer and require a number of separate instruments.

During furnace maintenance in the home, a technician must determine several quantities which reflect performance. These include the flue temperature, the flue draft, the carbon dioxide concentration and the quantity of soot produced in the heated air. Two of these measurements, temperature and carbon dioxide concentration (per cent CO₂) are used to determine efficiency. From these numbers, calculations are normally made either with a slide-rule type device or by reference to a more detailed efficiency graph. At present, the measurement of per cent CO₂ alone is inconvenient and takes several minutes, even by an experienced operator.

Using the NRC device, however, a technician can take three of the four necessary measurements as well as determine furnace efficiency in a minute or two. To do this, a 6 mm diameter stainless steel probe is inserted through a small hole in the flue (the cylindrical stack which contains the products of combustion) between the furnace and the damper. Inside this probe is a thermocouple which measures the stack temperature. The thermocouple wire runs inside a flexible gas sample tube to a detector system inside the main body of the instrument. A sample of flue gas can be drawn into the device by means of a squeeze bulb. A selector switch is then used to change over from a reading of per cent CO₂ to a

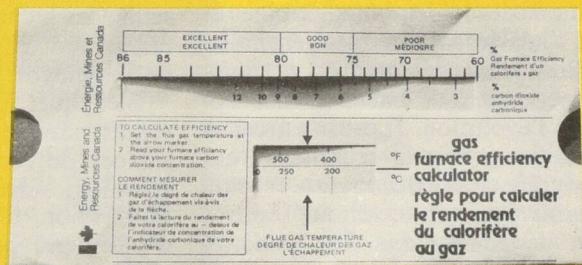
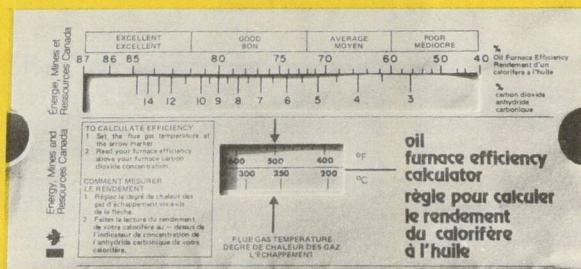
reading of temperature difference between room and stack or to a direct reading of furnace efficiency. Opening a valve on the instrument permits a measurement of draft which can then be adjusted by the technician to manufacturer's recommendations for best combustion.

The NRC furnace efficiency meter has now been licensed through Canadian Patents and Development Lim-

Don Mitchell of Chemistry's Metallic Corrosion and Oxidation Section with a laboratory model of the furnace efficiency meter. To take a number of different readings, the unit is simply "plugged in" to the flue between the furnace and damper. Studies have shown that domestic heating furnaces are capable of operating at efficiencies near 85 per cent, but the typical furnace installation approaches only 70 per cent. One of the main reasons for such poor performance is the nature and cost of existing equipment for determining the efficiency and operating conditions. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Don Mitchell, de la section de corrosion et d'oxydation des métaux de la Division de chimie, tient en main un prototype du nouvel indicateur de rendement pour calorifères. Pour obtenir plusieurs mesures différentes, on introduit le dispositif en question dans la gaine d'évacuation, entre le brûleur et le registre. Des études réalisées sur le rendement des calorifères ont prouvé que celui-ci pouvait atteindre 85%, mais qu'en général il ne dépassait pas 70%. Cette insuffisance provient surtout de la nature et du coût de l'équipement actuel utilisé pour déterminer le rendement et l'état des calorifères. (Ph. Bruce Kane, CNRC)

ited to two Canadian companies, R A B Dedesco Ltd. in Kanata, Ontario, and VIDBEC of Montreal. Field testing of the instrument at a number of large oil companies is in progress and production of the units will begin shortly... just in time for the summer furnace maintenance program and next year's heating season. □
Wally Cherwinski



An example of a slide-rule type calculator used to determine furnace efficiency from readings of flue gas temperature and carbon dioxide concentration. High flue gas temperatures (above 550°C) indicate poor heat exchange performance in the furnace. A low CO₂ reading (less than 9 per cent) denotes poor burner performance. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Voici un exemple du dispositif semblable à une règle à calcul utilisé pour déterminer le rendement d'un calorifère à partir de mesures de la température et de la concentration en gaz carbonique à l'intérieur de la gaine d'évacuation. Une température élevée (supérieure à 550°C) des gaz d'échappement indique que les échanges de chaleur ne se font pas adéquatement dans le calorifère. Une faible concentration en CO₂ (inférieure à 9%) indique que le brûleur a un rendement insuffisant. (Ph. Bruce Kane, CNRC)

L'indicateur de rendement pour calorifères

Une mesure d'économie

La Division de chimie vient de mettre au point un nouvel instrument qui permettra de déterminer d'une façon simple et rapide le rendement des calorifères domestiques.

Pour la majorité des Canadiens, plus de la moitié des dépenses en énergie sont occasionnées par le chauffage domestique. De nos jours, face aux mesures d'économie d'énergie et à la hausse du prix du carburant, il est important que les calorifères aient un rendement maximum si nous ne voulons pas que nos frais s'accroissent d'avantage.

Deux scientifiques du CNRC, le Dr Don Mitchell et M. John Phillips, ont récemment mis au point un instrument

Mr. Ron Barkley (right), President of R A B Dedesco Ltd., and Dr. Mike Graham (left), Head of the Metallic Corrosion and Oxidation Section, examine a commercial model of the furnace efficiency meter manufactured by R A B Dedesco Ltd. of Kanata, Ontario. This model includes a microprocessor which provides a direct computation and readout of furnace efficiency. A built-in selector switch enables the unit to work for both natural gas and heating oil systems. During any measurement, the efficiency readout is updated automatically every half second. For such ongoing calculations, the stack temperature is updated automatically, while new per cent CO₂ readings are registered with every squeeze of a gas sampling bulb. (Photo: Bruce Kane, NRC)

qui permettra de déterminer plus facilement le rendement des calorifères (appareils de chauffage domestiques). Alors que les méthodes classiques sont longues et demandent divers instruments, cette nouvelle méthode qui n'utilise qu'un seul dispositif permet d'obtenir plusieurs mesures différentes en l'espace de quelques minutes.

Lors de l'examen des calorifères domestiques, un technicien doit déterminer plusieurs facteurs qui interviennent dans le rendement. Il doit notamment mesurer la température, l'écoulement de l'air et la concentration en gaz carbonique à l'intérieur de la gaine d'évacuation ainsi que la quantité de suie présente dans l'air chaud. Pour mesu-

M. Ron Barkley (à droite), président de la compagnie R A B Dedesco Ltd., et le Dr Mike Graham (à gauche), chef de la section de corrosion et d'oxydation des métaux, examinent un modèle commercial de l'indicateur de rendement pour calorifères fabriqué par la compagnie R A B Dedesco Ltd., à Kanata, dans l'Ontario. Cet indicateur contient un microprocesseur qui calcule automatiquement et affiche la mesure du rendement. Un sélecteur incorporé au dispositif lui permet de s'adapter aussi bien aux calorifères à gaz ou à mazout. Lors de la mesure, la température de la cheminée est relevée automatiquement et continuellement alors que la concentration en gaz carbonique est enregistrée chaque fois que l'on appuie sur la poire d'échantillonnage; le rendement est calculé et affiché automatiquement toutes les demi-secondes. (Ph. Bruce Kane, CNRC)

rer le rendement du calorifère deux de ces paramètres sont utilisés, à savoir la température et la concentration (%) en gaz carbonique. La conversion de ces chiffres en indice de rendement se fait à l'aide d'un dispositif semblable à une règle à calcul ou bien par comparaison avec les valeurs figurant sur une échelle de rendement. À l'heure actuelle, la mesure de la concentration en gaz carbonique est à elle seule un processus long et compliqué, même lorsqu'elle est effectuée par un technicien expérimenté.

À l'aide du dispositif mis au point au CNRC, il est cependant possible d'enregistrer trois des quatre mesures nécessaires et de déterminer le rendement du calorifère en une ou deux minutes. On se sert pour cela d'une sonde en acier inoxydable de 6 mm de diamètre que l'on introduit par un petit orifice dans la gaine d'évacuation (tube cylindrique de la cheminée contenant les produits de combustion) entre le brûleur et le registre. À l'intérieur de la sonde se trouve un thermocouple qui mesure la température de la cheminée. Le fil du thermocouple traverse un tube flexible contenant un échantillon de gaz et relié à un système de détection situé dans le corps même de l'instrument. Un échantillon de gaz est prélevé de la gaine d'évacuation à l'aide d'une poire. On utilise un sélecteur pour passer de la mesure de la concentration en gaz carbonique, à celle de la différence de température entre la pièce et la cheminée ou du rendement du calorifère. Lorsque l'on ouvre une soupape située sur l'instrument, il est possible de mesurer l'écoulement de l'air. Celui-ci peut, en outre, être réglé par un technicien en fonction des recommandations du fabricant de façon à obtenir un rendement optimal.

L'indicateur de rendement pour calorifères mis au point au CNRC a déjà fait l'objet d'une licence accordée par la Société canadienne des brevets et d'exploitation limitée et sera fabriqué par les compagnies R A B Dedesco Ltd., à Kanata, dans l'Ontario, et VIDBEC, à Montréal. D'importantes compagnies pétrolières effectuent présentement des essais in situ de ces dispositifs et on prévoit que leur production commencera bientôt, juste à temps pour la période estivale de l'entretien des calorifères et la prochaine saison froide. □

Texte français: Annie Hlavats



John Phillips essaie un modèle commercial de l'indicateur de rendement pour calorifère fabriqué par la compagnie VIDBEC, à Montréal. Cet instrument à pile fournit en quelques minutes une mesure précise de la température, de la concentration en gaz carbonique et de l'écoulement de l'air dans la cheminée. (Ph. Bruce Kane, CNRC)

John Phillips tests a commercial model of the furnace efficiency meter manufactured by VIDBEC of Montreal. The battery-powered instrument provides an accurate analysis of temperature, CO₂ and draft within minutes. (Photo: Bruce Kane, NRC)



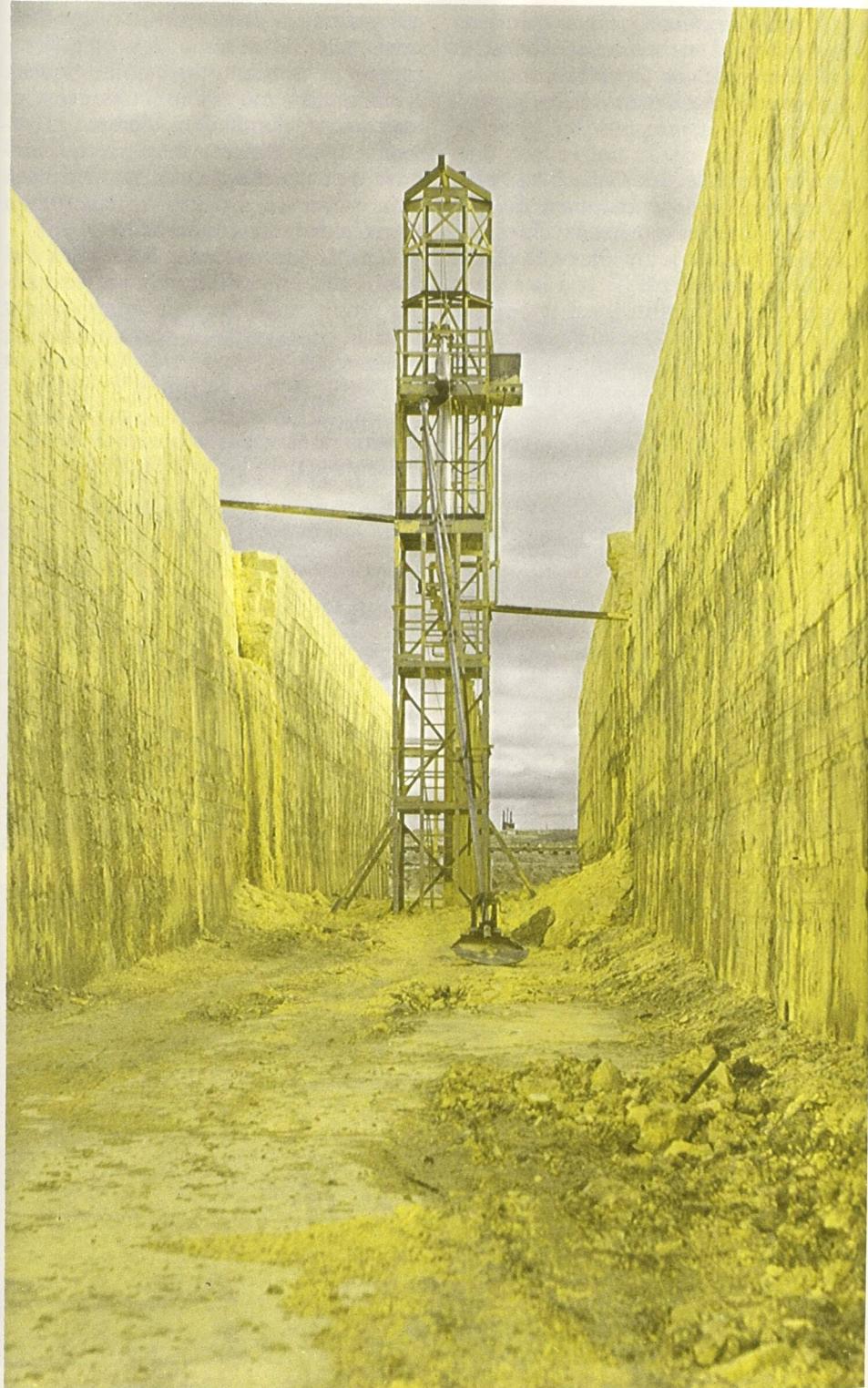
Novel composite Chasms of the road

A novel composite for repairing potholes promises to save the country millions of dollars annually.

Most motorists have had at least one close encounter with them. They appear almost overnight, permeating the landscape like footprints of an alien creature in pursuit of its prey. But *they* lie in wait – for the unsuspecting. They come in all shapes and sizes, ready to swallow up all makes and models. They arrive every spring, and before they disappear, cost the country \$40 million. Up to now, they have been as inevitable as death and taxes. But if a novel composite developed by scientists at the National Research Council proves as durable as expected, potholes – those lurking chasms in the road – no longer will be such a nightmare to motorists and workcrews alike.

A study (Science Dimension, 1972/1) initiated by NRC in 1971 forms the basis for the research carried out to develop the unique material. At that time, the Council appointed Dr. Alan H. Vroom, former Director of Research and Development and a Senior Manager of Consolidated-Bathurst Ltd. in Montreal, “to study and report on the current production and markets for sulphur . . . and to investigate and make recommendations on proposals for research and development projects related to new or expanded uses . . . that would be likely to benefit the Canadian economy.” Since Canada is the world’s largest exporter of sulphur and is quickly becoming the largest producer, it is, in Dr. Vroom’s words, both “a challenge and an opportunity” to exploit a new raw material resource which is available in exceptional purity (99.99 per cent) at an extremely low price. In addition, supply exceeds demand so that this country sells only about half of what it produces as a by-product of the oil industry. Current estimates indicate that by 1980 some 50 million tons of sulphur will be stockpiled.

Sulphur has many unique properties: it is very strong (combined with other materials), abrasive resistant, adhesive, water repellent, has low thermal conductivity and, most important, is resistant to acids and salts. This latter characteristic alone, in a climate where salt during winter months causes deterioration of roads and sidewalks, with resultant tire wear and costly



Estimates are that in a year's time some 50 million tons of sulphur will be stockpiled. (Photo: John Patrick Photographers Limited, Calgary, Alta.)

On estime que les stocks de soufre atteindront environ 50 millions de tonnes l'année prochaine. (Photo: John Patrick Photographers Limited, Calgary, Alberta)

wheel alignments, could save the country millions of dollars annually.

“But just because we have plenty of sulphur,” notes Peter Sereda, Head of the Building Materials Section of

NRC’s Division of Building Research, “is no reason to use it up indiscriminately. Sulphur is an element entering into numerous reactions and forms products of vital importance. Although

Pour rapiécer les chaussées Une solution astucieuse

On espère que le pays pourra économiser des millions de dollars par année grâce à un nouveau composé pour réparer les fondrières.

La plupart des automobilistes les ont rencontrées au moins une fois. Elles surgissent du jour au lendemain, laissant leurs traces dans le paysage comme les empreintes de pas d'un être étrange à la poursuite de sa proie. Mais elles restent à l'affût, guettant ceux qui ne se méfient pas. De toutes formes et de toutes grandeurs, elles se préparent à anéantir toutes les marques et tous les modèles de voitures. Elles arrivent à chaque printemps et, avant de disparaître, coûtent au pays 40 millions de dollars. Jusqu'à maintenant, elles ont été aussi inéluctables que la mort et les impôts. Mais si un nouveau composé mis au point par des scientifiques du Conseil national de recherches s'avère aussi durable que prévu, les fondrières, ces gouffres sournois de la route, ne représenteront plus un tel cauchemar

The electron microscope shows that every particle of sulphur in the NRC composite is interconnected with its neighbors. The vacant spaces or pores are also interconnected and it is these pores that are filled with asphalt giving the system structural rigidity. (Photo: DDB/NRC)

pour les automobilistes et les équipes de réparation.

Une étude (Science Dimension, 1972/1) entreprise par le CNRC en 1971 est à la base de la recherche effectuée pour mettre au point ce matériau unique. À ce moment, le Conseil avait chargé le Dr Alan H. Vroom, ancien directeur de la recherche et du développement et gestionnaire sénior de Consolidated-Bathurst Ltée à Montréal, «d'étudier et de faire rapport sur la production courante et les marchés du soufre... et d'enquêter et de présenter des recommandations sur les recherches et le développement à entreprendre en relation avec les nouvelles utilisations du soufre ou celles qui peuvent être développées... dont l'économie canadienne pourrait probablement profiter». Puisque le Canada est le plus important exportateur de soufre du monde et est en voie de devenir rapidement le plus gros producteur, c'est, selon les propres mots du Dr Vroom, à la fois «un défi et une occasion» d'exploiter

Le microscope électronique permet de constater que chaque atome de soufre dans le composé du CNRC est intimement lié à ses voisins. Les espaces vides ou pores sont aussi liés entre eux et remplis d'asphalte qui assure la rigidité structurale du matériau. (Ph. DRB/CNRC)

ter une ressource nouvelle sous forme d'un matériau brut d'une exceptionnelle pureté (99,99%) et à un prix extrêmement bas. De plus, l'offre est tellement plus forte que la demande que ce pays ne peut vendre que la moitié de sa production résultant des sous-produits de l'industrie pétrolière. Les évaluations actuelles indiquent qu'on aura entassé 50 millions de tonnes de soufre en 1980.

Le soufre possède de nombreuses propriétés uniques: il est très solide (allié à d'autres matériaux), résistant à l'usure, adhésif, imperméable, offre peu de conductibilité calorifique et, surtout, il résiste aux acides et aux sels. Cette dernière caractéristique, sous un climat où le sel occasionne la détérioration des routes et des trottoirs durant les mois d'hiver, avec comme conséquences coûteuses l'usure des pneus et le désalignement des roues des voitures, pourrait à elle seule permettre aux Canadiens d'épargner des millions de dollars chaque année.

«Mais bien que le soufre soit présent en abondance, il ne serait pas justifiable de l'utiliser sans discernement», fait remarquer Peter Sereda, chef de la section des matériaux de construction de la Division des recherches en bâtiment du CNRC. «Le soufre est un élément essentiel à de nombreuses réactions chimiques et à la composition de produits d'importance capitale. Même si c'est un sous-produit, on ne doit jamais le considérer comme un autre déchet industriel. On devrait plutôt s'en servir pour des utilisations spécifiques, là où d'autres produits ne peuvent être utilisés ou ne pourraient produire le même résultat.»

Actuellement, on répare les fondrières avec de l'asphalte ordinaire utilisé pour les routes (qui se raréfie et dont le prix grimpe en flèche). On le mélange avec du sable et des agrégats, on le chauffe, on en remplit les fondrières à la pelle et on le tasse pour le rendre compact. «Cette méthode», dit M. Sereda, «est vouée à l'échec avant même le début des réparations. Le trou ne reçoit aucune préparation satisfaisante; le matériau même est impropre, étant trop solide et peu compressible; et les méthodes d'application sont tout à fait inadéquates. En fait, si une fondrière est remplie de boue, sel et quoi encore, aucun matériau au monde n'y restera.»

Après avoir identifié le problème, M. Sereda et son collègue le Dr J.J. Beau-



it is a by-product, it should never be considered as another 'waste' by-product. It should be used for very specific purposes where other materials cannot be used or will not do the job."

At the present time, ordinary road asphalt (now dwindling in supply and escalating in price) is used to repair potholes. It is mixed with sand and some aggregate, heated, shovelled into the holes and tamped down to make it compact. "The whole system," says Mr. Sereda, "is destined to fail before it even starts. The hole is not properly prepared; the material itself is insufficient - it is too solid and doesn't self-compact; and the method of application is totally inadequate. Clearly, if you have a pothole that is full of mud, salt and what-not, no material in the world is going to adhere to it."

Having identified the problem, Mr. Sereda and his colleague Dr. J. J. Beaudoin began to investigate possible repair materials and their characteristics. What was needed was a material that would self-compact - in other words, something that could be poured rather than shovelled; a material that, as soon as it cooled or shortly thereafter, solidified and was strong enough to support a moving car or truck. The material should bond well with the existing substrate, and be tough enough to resist breakup on being hit by high impact forces. Last, but not least, it should be durable to atmospheric conditions - salt, freezing, water, ice, and so on.

Many materials were discarded im-

mediately because they could not meet all of these requirements. Sulphur, however, looked promising; when molten it is extremely fluid, and as thin as water - a good material to start with. When it cools, slightly below its melting point, it becomes a solid, strong enough to drive a car over.

"If sulphur were going to be mixed with anything," continues Mr. Sereda, "asphalt would be it, because a rigid material like sulphur requires a non-rigid constituent like asphalt to modify some of its properties. And we found that roofing asphalt was quite compatible with sulphur."

The basic binder of the new custom-designed material, then, is sulphur-asphalt. Initially, sulphur was added to asphalt in increasing amounts. When the sulphur-to-asphalt ratio was about two (i.e. twice as much sulphur as asphalt by weight), the system acquired unique properties. Explains Jim Beaudoin: "What makes our system different from systems developed for other purposes, aside from the fact that it has more sulphur, is the way in which the sulphur forms a porous network. The electron microscope shows that every particle of sulphur is interconnected with its neighbors. The vacant spaces or pores are also interconnected and it is these pores that are filled with asphalt. This is what gives our system structural rigidity, so that we have, in effect, two continuous phases." (Most composites have one continuous phase and one discontinuous phase.)

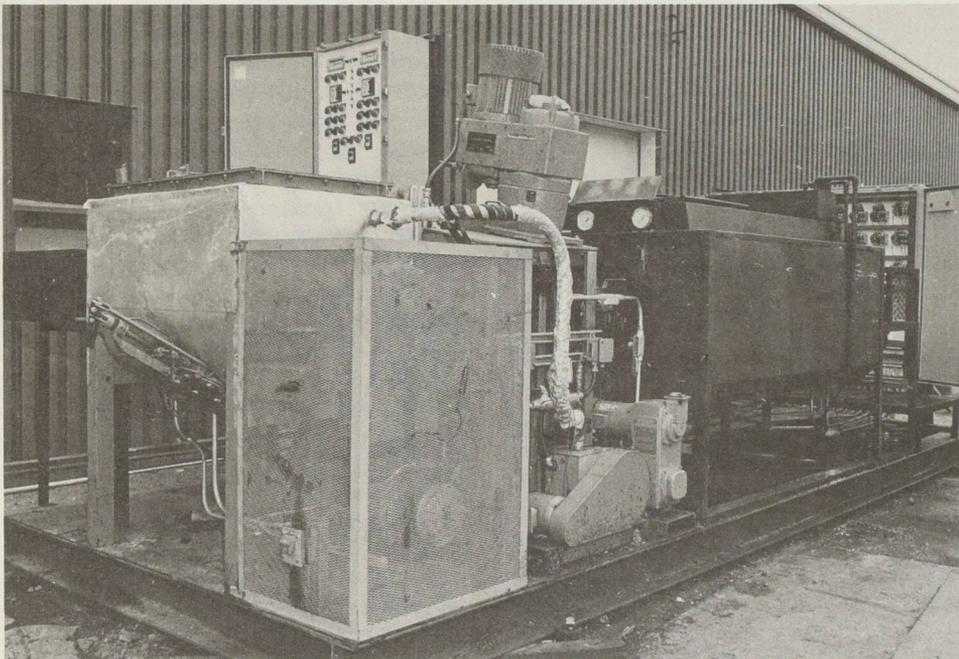
In order to make the system tough enough to resist impact loads, an additional component was introduced. "We added fibres to reinforce the system," says Dr. Beaudoin. "Initially, we used dacron fibres, but found that flakes of mica did the job equally well. Mica flakes are mined in Quebec and can be obtained cheaply."

Glass fibres are often used to reinforce the polyester in tires. In this case, the reinforcing constitutes about 20 per cent of the system. "But in our system," points out Dr. Beaudoin, "we already have a first reinforcing structural network of sulphur, so it turns out that we need add only one per cent by volume of additional fibre to get maximum advantage of the fibre reinforcement. Our novel composite contains sulphur, asphalt, and mica diluted with sand and, as far as we know, there is not another like it. Another feature of the system is that the structural component, unlike all other systems, is molten at the time it is being formed."

A patent has been obtained on the process and new methods of application are being considered which involve pre-preparation of potholes. A contract has been completed with the Ontario Research Foundation which has built a prototype machine to make the composite, and field trials are being carried out. Transfer of the technology from the laboratory to industry is being carried out through PILP - the Council's Program for Industry/Laboratory Projects, begun in 1975. Under the Program, contracts are negotiated with Canadian companies to carry forward the development of laboratory-initiated projects to an eventual marketable product. "With PILP," says Mr. Sereda, "we now have a bridge to transfer technology, and industry can be given an essentially finished product which they know is going to work because it has been demonstrated."

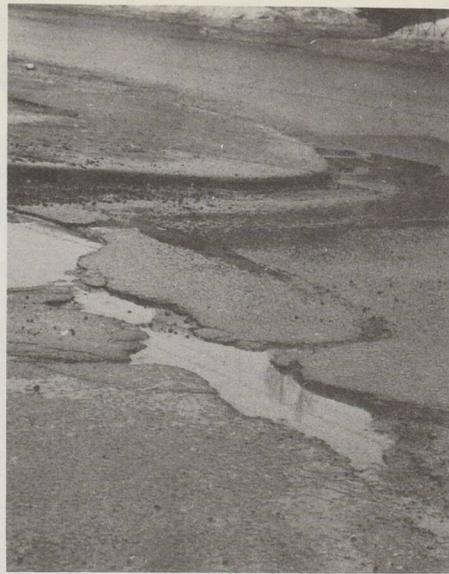
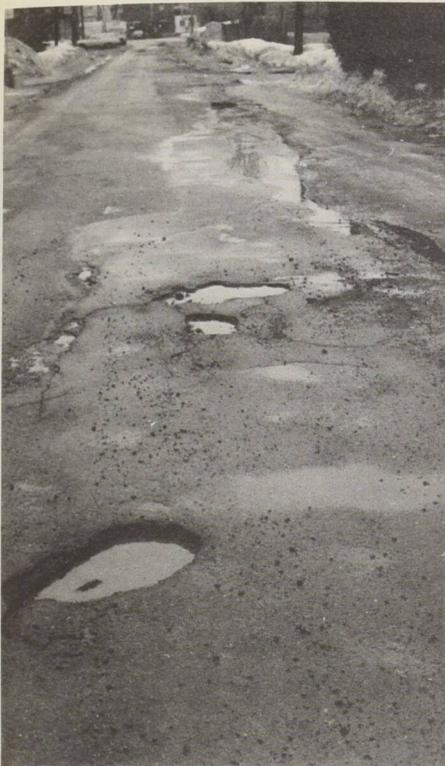
How much longer will the new material last? "One can speculate," concludes Peter Sereda, "that if we take the material that is in use now and put it side by side with our new material, there is just no comparison in terms of strength, durability, etc., - they are worlds apart. So it is logical to say that, unless something unusual happens in the field trials, it ought to last very much longer than existing systems. If the durability of the new system is at least twice as good as the existing one, we can recover most of the \$40 million that is now spent on repairs alone to potholes." □

Joan Powers Rickerd



Prototype of machine to make composite built by the Ontario Research Foundation, Toronto. Field trials are currently being carried out. (Photo: ORF)

Prototype d'une machine servant à fabriquer le matériau composé, construit par l'Ontario Research Foundation de Toronto. On procède actuellement à des essais pratiques. (Ph. ORF)



Des trous aussi grands entraînent des dépenses de plusieurs millions de dollars par an pour le pays et imposent aussi des réparations coûteuses aux véhicules motorisés. (Ph. Bruce Kane, CNRC)

Giant holes like these cost the country millions of dollars annually as well as costly motor vehicle repairs. (Photo: Bruce Kane, NRC)

doit se sont mis à étudier des matériaux de réparation possibles et leurs caractéristiques. Il fallait un matériau qui se tasserait de lui-même, en d'autres mots, quelque chose qu'on pourrait verser plutôt que de le pelleter; un matériau qui, sitôt refroidi ou peu de temps après, se solidifierait et serait assez résistant pour supporter le poids d'une voiture ou d'un camion. Le matériau devrait pouvoir adhérer à la couche déjà en place, et être assez dur pour résister, sans se briser, à de grandes forces d'impact. Dernière condition, mais non la moindre, il devrait pouvoir supporter diverses conditions atmosphériques, et résister au sel, au gel, à l'eau, à la glace, et ainsi de suite.

De nombreux matériaux ont été rejetés immédiatement parce qu'ils ne pouvaient satisfaire à toutes ces exigences. Le soufre, cependant, paraissait prometteur; lorsqu'on le fait fondre, il devient extrêmement fluide, autant que l'eau, ce qui en fait un bon matériau en principe. En refroidissant légèrement en dessous de son point de fusion, il redevient un solide, suffisamment résistant pour supporter une automobile.

«Si on veut mélanger le soufre à quelque chose», poursuit M. Sereda, «l'asphalte semble le plus indiqué, parce qu'il faut combiner un matériau rigide comme le soufre à un élément constituant non rigide comme l'asphalte pour modifier certaines de ses propriétés. Et nous avons remarqué que l'asphalte à toiture et le soufre étaient très compatibles.»

Le liant de base du nouveau matériau fait sur commande est donc le mélange soufre-asphalte. Au début, on a ajouté le soufre à l'asphalte en quantité toujours de plus en plus grande. Lorsque le rapport du soufre à l'asphalte était environ de 2 à 1 (c'est-à-dire un poids de soufre double de celui de l'asphalte), le mélange présentait des propriétés uniques. Jim Beaudoin explique: «Ce qui rend notre mélange différent de ceux qui ont été mis au point à d'autres fins, mis à part le fait qu'il contient plus de soufre, est la manière dont le soufre forme un réseau poreux. Le microscope électronique permet de constater que chaque atome de soufre est intimement lié à ses voisins. Les espaces vides ou pores sont aussi liés entre eux et ce sont ces pores qui sont remplis d'asphalte. C'est ce qui donne au matériau sa rigidité structurale, et qui permet d'avoir, en fait, deux phases continues.» (La plupart des matériaux composés ont une phase continue et une phase discontinue.)

Dans le but de rendre le mélange suffisamment résistant aux forces d'impact, on lui a ajouté un composant additionnel. «Nous avons ajouté des fibres pour le renforcer», dit le Dr Beaudoin. «Au début nous utilisions des fibres de dacron, mais nous avons découvert que des paillettes de mica produisaient un aussi bon résultat. Les paillettes de mica sont extraites d'une mine québécoise et elles sont peu coûteuses.»

On utilise souvent la fibre de verre

pour renforcer le polyester dans les pneus. Dans ce cas, le matériau de renforcement constitue 20% du matériau composé. Mais le Dr Beaudoin fait remarquer que, «dans notre mélange, nous avons déjà un premier matériau de renforcement structural constitué par le soufre et, par conséquent, il nous faut seulement ajouter 1% de fibre par unité de volume pour obtenir l'effet optimum. Notre nouveau matériau composé contient du soufre, de l'asphalte, et du mica auquel on a ajouté du sable et, en autant que l'on sache, il n'en existe aucun autre pareil. Une autre caractéristique du mélange réside dans le fait que le composant structural, contrairement à tous les autres mélanges, est formé à chaud, en phase liquide.»

Nous avons fait breveter ce processus et nous travaillons à mettre au point de nouvelles méthodes d'utilisation, dont la réparation des fondrières. Un contrat a été passé avec l'Ontario Research Foundation qui a construit un prototype de machine permettant de fabriquer le matériau composé, et des essais in situ sont effectués actuellement. Le transfert technologique, du laboratoire à l'industrie, se fait par le biais du Programme des projets «Industrie-Laboratoires» (PPIL) du Conseil, qui a débuté en 1975. Selon les conditions du programme, les contrats sont négociés avec des compagnies canadiennes qui doivent poursuivre le développement de projets lancés dans les laboratoires dans le but d'arriver à offrir un produit commercial. «Avec PPIL», poursuit M. Sereda, «nous possédons un moyen d'effectuer ce transfert technologique, et on peut ainsi donner à l'industrie un produit, pour ainsi dire fini, et dont on est assuré de l'efficacité puisqu'elle a été démontrée.»

Le nouveau matériau sera-t-il beaucoup plus durable? «Songez-y», conclut M. Sereda, «que si nous mettons le matériau actuellement utilisé à côté de ce nouveau matériau, il n'y a pas de comparaison du point de vue de la résistance, de la durabilité, etc.; notre nouveau matériau est bien supérieur. Alors il est raisonnable d'avancer que, à moins que quelque chose d'inhabituel ne se produise lors des essais, il devrait durer beaucoup plus longtemps que les composés existants. Si la durabilité du nouveau composé était au moins deux fois meilleure que celle du composé actuellement utilisé, nous pourrions récupérer la plus grande partie des 40 millions de dollars que l'on dépense actuellement uniquement pour réparer les fondrières.» □

Texte français: Denise de Broeck

Flares on far suns

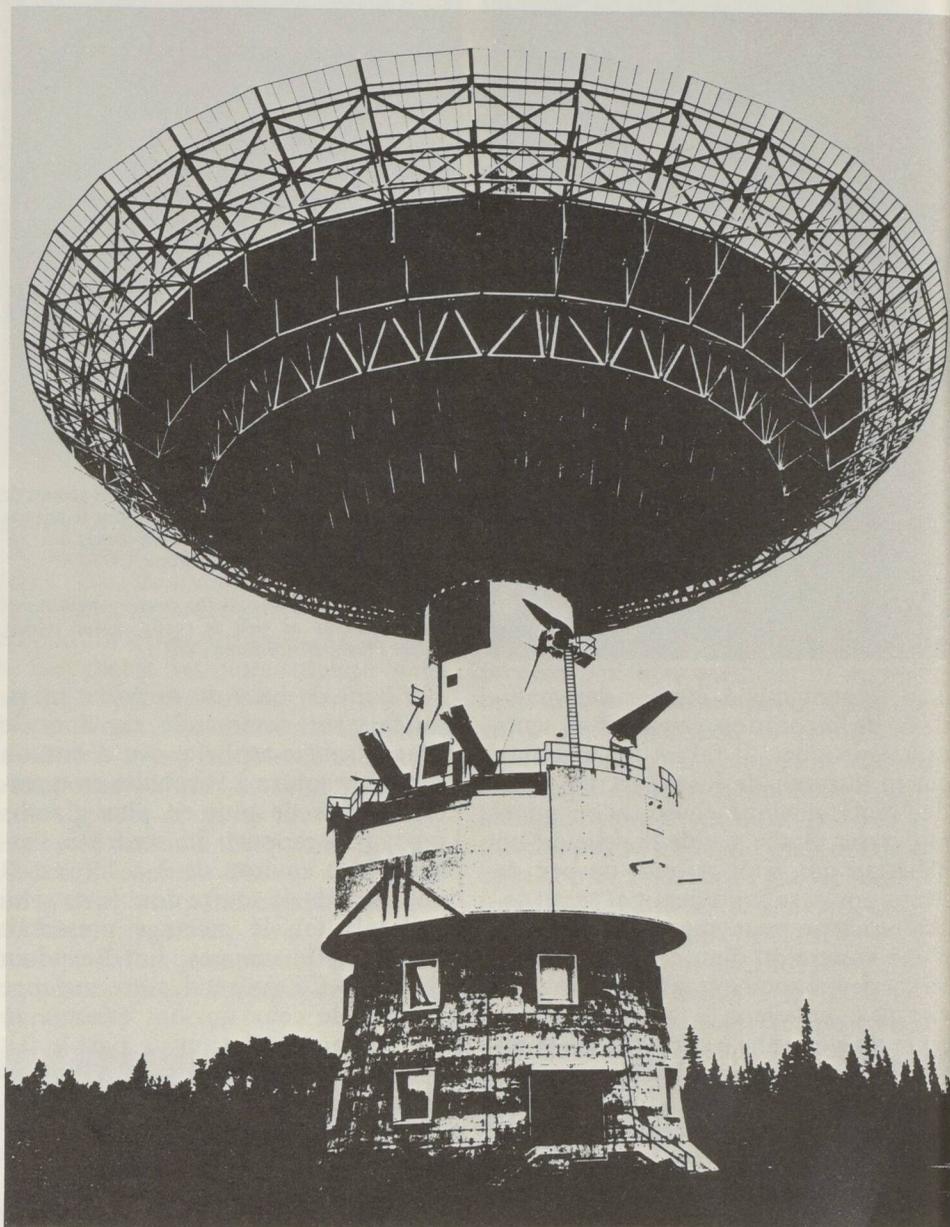
Tracking the Hunting Dogs

In February, 1978, an astronomer from the NRC's Herzberg Institute of Astrophysics detected a series of enormous explosions from a nearby pair of solar-type stars. Further observations, both in Canada and abroad, have suggested that these stellar flares occur in the region of a giant starspot on one of the stars in the binary system; such spots are likely similar to those on our own sun, but vastly larger and more energetic.

Since the days when man first began to record his observations of the heavens, he has noticed the difference between "constant" and "variable" stars. Most of those recorded as "inconstant" proved, of course, to be planets, our nearest neighbors in space. A few other lights in the skies, such as the star Algol (The Demon), were observed to vary in brightness with measurable regularity, but once stars were identified as distant suns this changing light seemed an aberration. Astronomers later demonstrated how a second star in orbit around the first, and in line with the Earth (as in the case of Algol), could produce regular fluctuations in luminosity. As is usually the case in science, however, information from sensitive measuring devices introduce new questions as well as answering old ones. Recently, unexplained variations have been recorded in the light output, radio signals and spectral lines of certain stars known to be in intimate binary partnerships. Rather than being explained merely by this eclipsing phenomenon, it now appears the cause of the variations is the presence of giant starspots on the surface of one of the partners.

Since 1975, when an astronomer at Vanderbilt University in the United States first classified them, a special group of binary star systems has been under study.

The group, known as the RS Canum Venaticorum (abbreviated RS CVn), or "Hunting Dogs" type, comprise more than four dozen known binary stars. These stars are closely akin to our sun in mass, temperature and luminosity, and are bound together in tight orbit, often closer together than the sun and Mercury, its closest planet. If the orbit is in line with the Earth, then the light we see changes as they swing past one another. But other variations occur which are not explained by this simple eclipsing effect.



NRC's radio ear in deep space. This 46 m wide antenna was the key element in the international survey of RS CVn stars. The survey led to recording a series of giant stellar flares on the binary system HR 1099. (Photo: Bruce Kane, NRC)

Le radiotélescope du CNRC. Cette antenne de 46 m a joué un rôle fondamental dans les recherches poursuivies par plusieurs nations sur les étoiles du type RS CVn. Les observations ont permis d'enregistrer une série d'éruptions stellaires géantes survenant sur l'étoile HR 1099. (Ph. Bruce Kane, CNRC)

Dr. Paul Feldman, of the Herzberg Institute of Astrophysics, decided to tie all the research on these stars together. To accomplish this he enlisted the aid of an international team of researchers in all fields of astronomy – optical, radio, spectroscopic and X-ray. Feldman is no ivory tower researcher and he understands the use of communication in research. As one of the founders of an informal astronomers' summer workshop which meets in an old log cabin near Toronto, he helped establish an

alerting system designed to record any significant activity exhibited by these "mystery" star duets. With the giant radio telescope at Algonquin Park acting as the pivotal installation, he began a survey of the RS CVn types in the hope of detecting a significant event and instituting a comprehensive study. His hopes were more than amply rewarded.

During a routine survey of one such binary, known as HR 1099, an alert radio telescope technologist noticed un-

Éruptions sur des soleils lointains

À la recherche de Chiens de chasse

Au mois de février 1978, un astronome de l'Institut Herzberg d'astrophysique du CNRC détectait une série d'énormes explosions sur des étoiles doubles semblables à notre Soleil et peu éloignées de nous. Des recherches approfondies effectuées au Canada et à l'étranger ont indiqué que ces phénomènes se manifestaient sur une des étoiles du couple et qu'ils étaient le résultat de leur rapprochement. Ces taches rappelaient, par ailleurs, des éruptions solaires mais, cependant, avec une intensité énergétique et une ampleur qui leur étaient bien supérieures.

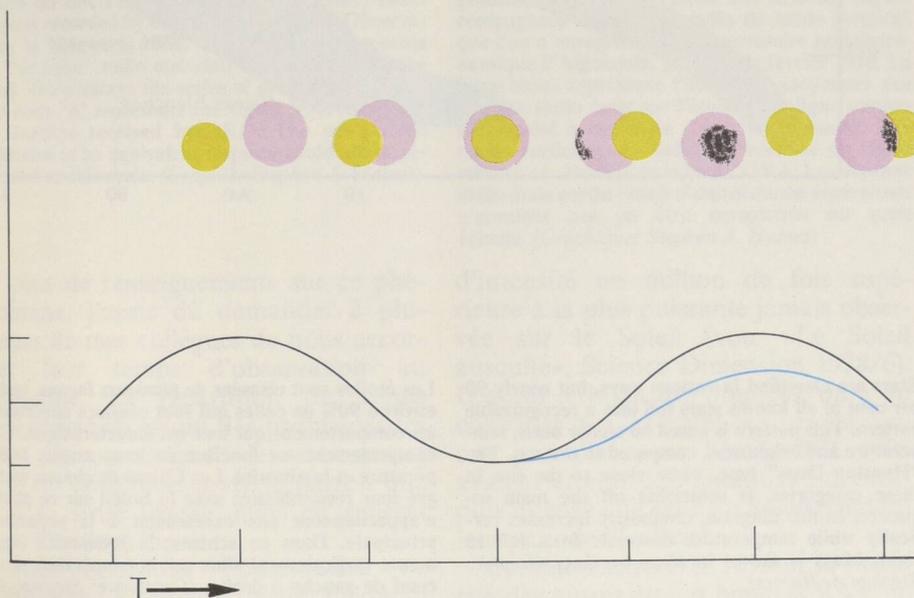
qu'ils étaient identifiés à des soleils lointains, leurs fluctuations étaient considérées comme des aberrations. Des astronomes ont plus tard expliqué comment, dans un système binaire, une étoile en orbite autour de son compagnon et en alignement avec la Terre (comme dans le cas d'Algol) pouvait manifester des fluctuations périodiques de luminosité. Cependant, chose courante en science, les données relevées à l'aide d'instruments très sensibles répondent non seulement à des questions déjà existantes, mais en soulèvent de

terminé pour la première fois l'existence d'un groupe particulier d'étoiles doubles qui, depuis cette époque, continue d'être étudié.

Ce groupe appelé RS Canum Venaticorum (RS CVn, en abrégé), ou même «Chiens de chasse», compte plus de quatre douzaines d'étoiles binaires connues. Ces étoiles ressemblent étroitement à notre Soleil du point de vue masse, température et luminosité, et sont souvent plus rapprochées de leur compagnon que le Soleil ne l'est de la planète Mercure, sa voisine la plus proche. Si leur orbite est en alignement avec la Terre, la lumière qu'elles émettent et qui nous parvient change donc à mesure qu'elles gravitent l'une autour de l'autre. Mais il existe d'autres phénomènes que ce simple effet d'éclipse ne peut expliquer.

Le Dr Paul Feldman, de l'Institut Herzberg d'astrophysique, a décidé de rassembler tous les travaux effectués sur ces étoiles. Pour cela, il a fait appel à une équipe de chercheurs internationaux spécialisés dans tous les domaines de l'astronomie (optique, radio, spectroscopique et des rayons X). Le Dr Feldman ne se réfugie pas dans une tour d'ivoire car il connaît l'importance de la communication dans la recherche. En effet, à titre de fondateur d'un atelier d'astronomie qui se tient tous les étés, sans cérémonies, dans une vieille cabane de bois près de Toronto, il a contribué à la mise au point d'un système d'alerte conçu pour assurer l'enregistrement de toute activité remarquable manifestée par ces «mystérieuses» étoiles doubles. À l'aide de l'énorme radiotélescope du Parc Algonquin qui servait d'installation de base, il a commencé à étudier les étoiles du type RS CVn en espérant détecter un phénomène particulier et pouvoir se lancer dans des recherches approfondies. Ses vœux ont été exaucés.

Au cours d'un examen de routine d'une étoile double connue sous le nom de HR 1099, un technicien averti remarqua que le rayonnement de micro-ondes enregistré avait atteint un niveau inhabituel. «Je fus pratiquement forcé de sortir de la douche pour assister à cet événement», explique le Dr Feldman, «mais je ne le regrette pas. Nous venions d'être témoins de la plus grande émission d'ondes radioélectriques jamais détectée sur une étoile du type RS CVn. Afin de pouvoir relever



A hypothetical binary star system with the two stars close orbit is shown in this drawing. As the stars move in relative to the viewer on Earth they produce a light curve of maximum and minimum values represented by the dark line. A large star-spot or group of starspots on the surface of one of the stars would reduce the light level represented by the blue line (spots on stellar bodies are cooler and darker than the surrounding surface). In this case the spot lags behind the orbital position of the binary partner, following it 90° out of phase. (Graphic: Stephen A. Haines)

Schéma d'un système binaire hypothétique montrant une étoile en orbite autour d'une autre. A mesure que les étoiles se déplacent relativement à un observateur situé sur la Terre, elles décrivent une courbe lumineuse représentée sur l'image par la ligne sombre. L'apparition d'une grosse tache ou d'un groupe de taches stellaires à la surface de l'une des étoiles s'accompagnerait d'une diminution de la luminosité représentée sur l'image par la ligne bleue (les taches stellaires sont moins chaudes et plus sombres que la surface environnante). Dans ce cas, le déphasage entre les coordonnées de la tache et celles de la position orbitale du compagnon est de 90° . (Graphique: Stephen A. Haines)

Depuis que l'homme a commencé à enregistrer les détails que lui dévoilait l'observation des ciels, il a appris à faire la distinction entre les étoiles «fixes» et les étoiles «variables». Il s'est avéré, évidemment, que la plupart des corps célestes jugés «instables» n'étaient que des planètes, nos plus proches voisins de l'espace. On avait également constaté que d'autres astres, notamment l'étoile Algol (le Démon), changeaient de luminosité avec une régularité remarquable mais, aussitôt

nouvelles. C'est ainsi qu'on a dernièrement enregistré des changements inexplicables dans la luminosité, les signaux radioélectriques et les transitions spectrales de certaines étoiles doubles gravitant très près les unes autour des autres. Ces irrégularités ne semblent pas être liées au phénomène d'éclipse mais s'expliqueraient plutôt par la présence d'énormes taches à la surface d'une des étoiles du couple.

En 1975, un astronome de l'Université Vanderbilt, aux États-Unis, a dé-

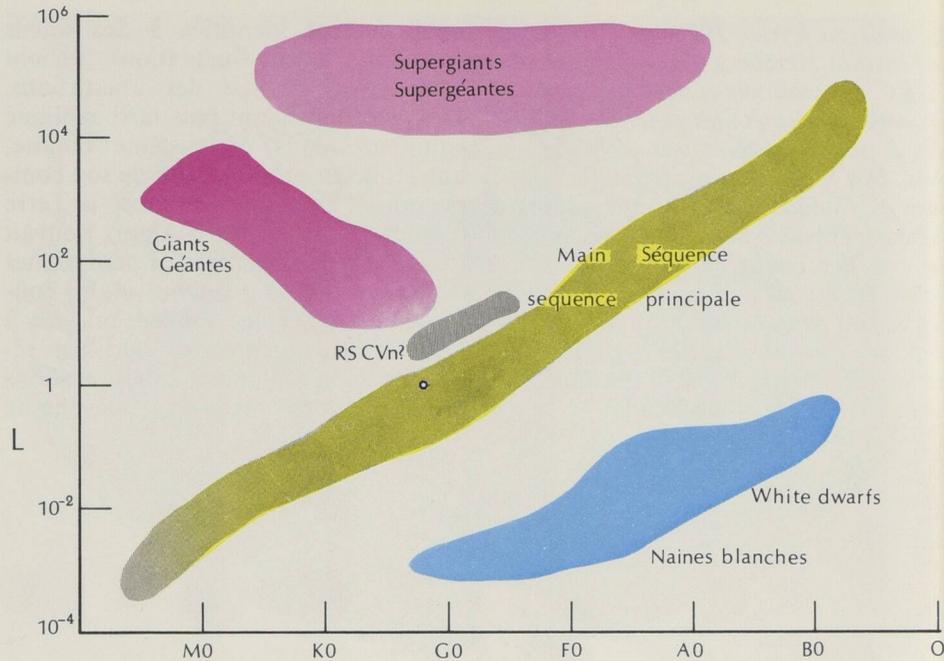
sually high levels of microwave emission. "I was almost dragged out of the shower to witness this event," Dr. Feldman recalls, "and it was worth it. We were observing the greatest radio flare ever seen on a RS CVn star. In order to make the most complete recording of the event I had to request that several colleagues relinquish their time on the telescope. Getting telescope time is one of the most difficult problems faced by radio and optical astronomers. Sometimes feelings are abraded, but we usually work it out."

One of the ways Feldman extended his telescope observation time of these binaries was by initiating a world-wide alert of the RS CVn Working Group, which over the succeeding weeks made intensive records of HR 1099's activities in an effort to glean all the information possible from the rare level of flare outbursts.

The international alert system proved a boon to the research program. Scheduling problems and bad weather had limited the optical viewing time allotted to the professionals. "Luckily, scattered amateur installations provided much-needed optical data," Dr. Feldman says, "since HR 1099 produced a succession of strong outbursts over the next few days." At least nine peaks of activity were recorded, with one flare reaching a radio signal level of a million times the intensity of the largest ever recorded from the sun. (See "Scanning the Sun", Science Dimension, 1978/6). When all the records were in, the giant flares on HR 1099 were shown to have produced 10 times the total luminosity of the sun during their active period.

Because HR 1099 and most of the other RS CVn binaries are located within 200 light years of Earth, they are a rich field of study for amateur and professional astronomers alike. Models of the behavior of the "Hunting Dogs" stars are still being developed, and information provided by amateur astronomers, who are more flexible than professionals in deciding when to make observations, is of significant value. Indeed, the first observations leading to the classification of HR 1099 as an RS CVn type were made by an amateur astronomer in Atlanta, Georgia, with a 20.5 cm (8-inch) telescope and some kit-built electronic equipment.

To understand the place of RS CVn stars in the cosmic picture, an understanding of the present theory of stellar evolution is necessary. About 90 per cent of all observed stars fall into a series of types. Known as the "main se-



Stars are classified in various ways, but nearly 90 per cent of all known stars fall into a recognizable pattern. This pattern is based on stellar mass, temperature and brightness, compared to the sun. The "Hunting Dogs" type, while close to the sun in these categories, is somewhat off the main sequence. In this diagram, luminosity increases vertically while temperature descends from left to right. Mass is shown in steps by class. (Graphic: Stephen A. Haines)

Les étoiles sont classées de plusieurs façons, mais environ 90% de celles qui sont connues observent un comportement qui leur est caractéristique. Ce comportement est fonction de leurs masse, température et luminosité. Les Chiens de chasse, malgré leur ressemblance avec le Soleil sur ce plan, n'appartiennent pas exactement à la séquence principale. Dans ce schéma, la luminosité augmente verticalement alors que la température descend de gauche à droite. (Graphique: Stephen A. Haines)

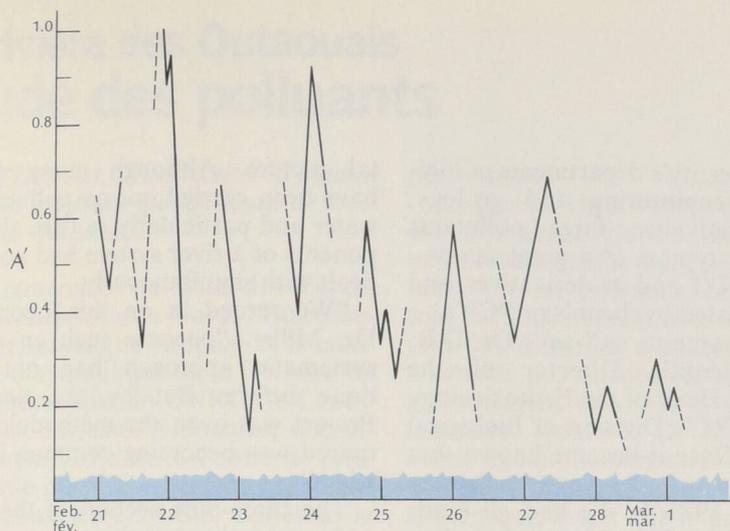
quence", it divides stars into seven categories, M,K,G,F,A,B,O, following an ascending order of mass, luminosity and temperature. Each of these categories is further subdivided into ten parts, and our sun, a G2, falls approximately in the middle of the sequence. As stars develop from clouds of gas and dust into spheres of burning hydrogen, they fall into one of the categories until, over the millenia, they reach the condition of a red giant, decline and die. The RS CVn binaries appear to be above the main sequence, having evolved faster than our sun due to their slightly greater mass.

These stars have been subjected to close scrutiny over the past five years. Optical telescopes, radio telescopes and satellite-deployed X-ray detecting telescopes are all measuring their respective signals to fill in the picture of these "mystery" stars. The slowly emerging image, partly clarified by the events recorded last February, is of

two stars in close orbit, with one of the two containing a huge stellar spot covering 20 per cent of its surface. Occasionally, the magnetic fields associated with these spots become unstable, probably due to the close companion, and produce the gigantic flare explosions. By way of comparison, our sun creates spots which at maximum may cover only a few tenths of a per cent of the solar surface. Flares from these spots could not be recorded from Earth if the sun were as far away as HR 1099.

If this model of the RS CVn types can be proven by additional observation, some interesting questions about the sun might be answered. Sunspots and their causes remain mysterious to solar astronomers. HR 1099's big blowup may provide clues to the working of the spot mechanism and give us additional insight into what happens below the sun's opaque surface. □

Stephen A. Haines



What the radio telescope "hears". Giant stellar flares on HR 1099 produced high intensity radio signals recorded by the Algonquin Radio Observatory in February, 1978. The blue line represents an "average" radio emission of the star while the dark line portrays the series of giant flares. Vertical scale 'A' represents the signal level measured in Janskys received by ARO. The sun's radio emission at an equivalent distance could not be recorded on this scale. (Graphic: Stephen A. Haines)

«Qu'entend» le radiotélescope? Les éruptions géantes observées sur l'étoile HR 1099 ont été accompagnées de signaux radio de haute intensité que l'on a enregistrés à l'Observatoire radioastronomique d'Algonquin, au mois de février 1978. La ligne bleue représente l'intensité «moyenne» des signaux radio émis par l'étoile et la ligne sombre correspond à une série d'éruptions géantes. L'échelle verticale «A» indique l'intensité du signal mesuré en Janskys et reçu à l'ORA. Les signaux radio émis par le Soleil d'une distance équivalente n'auraient pas pu être enregistrés sur cette échelle. (Graphique: Stephen A. Haines)

ses différentes dont une porte le nom de «séquence principale». Cette classe est constituée de sept catégories représentées par les lettres M,K,G,F,A,B,O, et classées par ordre croissant de masse, de luminosité et de température. Chacune de ces catégories est à son tour divisée en dix parties et notre Soleil, désigné par le sigle G2, se trouve approximativement au milieu de la séquence. Pendant leur développement, les étoiles, corps célestes qui naissent de nuages de gaz et de poussières pour devenir des sphères d'hydrogène incandescent, appartiennent à une catégorie particulière où elles demeurent pendant des millénaires; elles rejoignent ensuite le groupe des géantes rouges puis s'effondrent et meurent. Les étoiles binaires RS CVn semblent être au-dessus de la séquence principale dans le graphique des classes stellaires étant donné que leur masse sensiblement supérieure à celle du Soleil leur a permis d'évoluer plus rapidement que ce dernier.

Les Chiens de chasse ont fait l'objet d'une étude approfondie depuis cinq ans. Des télescopes optiques et radio ainsi que des télescopes à rayons X satellisés enregistrent et interprètent leurs signaux respectifs en vue d'en reconstituer l'image «mystérieuse». Cette image, qui se précise encore et que les phénomènes survenus au mois de février 1978 ont en partie éclairée, montre deux étoiles voisines gravitant l'une autour de l'autre. Sur l'une d'entre elles se dessine une énorme tache stellaire recouvrant 20% de sa superficie. Il arrive parfois que les champs magnétiques liés à de telles taches deviennent instables à la suite du rapprochement des deux étoiles et que d'énormes éruptions se produisent. Les taches qui apparaissent sur notre Soleil, par contre, ne recouvrent qu'environ 0,1% de sa surface et les éruptions qui y prennent place ne pourraient jamais être aperçues de la Terre si cet astre était aussi éloigné de nous que l'étoile HR 1099.

Si des observations supplémentaires venaient étayer le modèle des étoiles RS CVn, on serait peut-être en mesure de répondre à plusieurs questions intéressantes au sujet de notre Soleil. Les taches solaires et leur origine sont encore des mystères que les astronomes cherchent à percer et l'énorme explosion sur l'étoile HR 1099 pourrait leur apporter les indices qui leur sont nécessaires pour élucider le mécanisme de ce type d'activité et dévoiler les phénomènes qui prennent place sous l'enveloppe opaque de notre étoile. □

Texte français: Annie Hlavats

le plus de renseignements sur ce phénomène, j'avais dû demander à plusieurs de mes collègues de nous accorder leur temps d'observation au télescope. La répartition du temps d'observation est un des problèmes les plus sérieux auxquels les astronomes doivent faire face. Il arrive parfois que l'on se sente froissé, mais en général tout s'arrange bien.»

Pour intensifier l'observation de cette activité stellaire, le Dr Feldman en a fait part aux chercheurs de toutes les nations s'intéressant aux étoiles RS CVn et, au cours des semaines qui ont suivi, ceux-ci ont accumulé une quantité considérable de données sur les activités de l'étoile HR 1099 dans le but de mieux comprendre les éruptions d'intensité extraordinaire qui y prenaient place.

Le système d'alerte internationale s'est avéré d'une très grande importance d'autant plus qu'au pays plusieurs observatoires professionnels ont été affectés par des problèmes de répartition du temps d'observation et des conditions atmosphériques peu favorables. «Heureusement que des installations d'amateurs ont permis d'enregistrer des données optiques très importantes», ajoute le Dr Feldman, «car l'étoile HR 1099 a manifesté une série de puissantes éruptions pendant quelques jours.» Le graphique de l'activité stellaire comptait au moins neuf pointes dont une correspondant à un signal radio produit par une éruption

d'intensité un million de fois supérieure à la plus puissante jamais observée sur le Soleil (voir «Le Soleil ausculté», Science Dimension 1978/6). D'après le bilan des données, on a pu constater que les éruptions géantes qui ont pris place sur l'étoile HR 1099 avaient atteint une luminosité dix fois plus intense que celle du Soleil pendant leur période d'activité.

Comme l'astre HR 1099 et la majorité des autres étoiles binaires RS CVn se trouvent à moins de 200 années de lumière de la Terre, ils forment un domaine d'étude très intéressant, tant pour les astronomes professionnels qu'amateurs. Alors que l'on travaille à la réalisation de modèles du comportement des Chiens de chasse, les renseignements apportés par les astronomes amateurs, plus flexibles que leurs confrères professionnels du point de vue du temps qu'ils peuvent consacrer à leurs observations, s'avèrent d'une très grande valeur. En effet, les premières observations qui ont permis de classer l'étoile HR 1099 dans la catégorie RS CVn ont été effectuées par un astronome amateur à Atlanta, en Georgie, à l'aide d'un télescope de 20,5 cm (8 pouces) assisté d'équipement électronique assemblé à la maison.

Pour se représenter la place qu'occupent les étoiles RS CVn dans le cadre cosmique, il est nécessaire de comprendre la théorie actuelle de l'évolution stellaire. Environ 90% des étoiles observées entrent dans une série de clas-

Ottawa River project

Probing the pollutants

NRC and the University of Ottawa conclude a five-year study of the Ottawa River.

"We acknowledge with thanks the help and cooperation of the following: Canadian Forces Base, Ottawa North; NRC's National Aeronautical Establishment and Hydraulics Laboratory, Division of Mechanical Engineering; Canada Centre for Inland Waters, Environment Canada; Canada Photo Centre; H.M.C.S. Carleton; National Indian Brotherhood; DOMTAR Limited; Grand Council of the Cree; and the Ontario Ministry of Natural Resources."

Thus, the joint five-year study of the Ottawa River by the National Research Council and the University of Ottawa has been concluded. The resulting 2000-page report entitled "Distribution and Transport of Pollutants in Flowing Water Ecosystems" was completed just over a year ago. The multidisciplinary research group, consisting of NRC biologists, chemists, engineers and mathematicians, in addition to faculty and graduate students

of the University's departments of biology, civil engineering and geology, chose in advance three pollutants which were typical of a great many – mercury, DDT and its derivatives, and polychlorinated biphenols or PCB's.

"People came to us," says Dr. D.R. Miller, Scientific Director of the Project and Head of the Ecotoxicology group at NRC's Division of Biological Sciences. "Once it became known that the Project was under way (see Science Dimension 1973/4), we had all kinds of assistance. The National Indian Brotherhood, for instance, was also concerned about the problem of mercury and came to us suggesting a couple of places where we might go to look at the situation; H.M.C.S. Carleton volunteered to send navy divers to the bottom of the River when a cable broke and we lost our sampler; and the Canada Centre for Inland Waters loaned us equipment and sent staff to help us on numerous occasions."

The group decided to look at the to-

Part of the three-mile section of the Ottawa River under study. (Photo: Bruce Kane, NRC)

tal picture. Although many studies have been carried out on pollutants in water and particularly in fish, all components of a river system had not been dealt with simultaneously.

"We zeroed in on this," continues Dr. Miller, "because such an overall systematic approach had not been done before. But by the time the Project was over, the methodology required was becoming common knowledge."

The three-mile section of the River under study lies just downstream of the Parliament Buildings and extends from above Kettle Island near the mouth of the Gatineau River downstream to Duck Island. The purpose of the Project was to try to find out how a low-level contaminant, like mercury or DDT, moves around the River and how long it would take for the River to clean itself up. At the same time, the group wanted to establish a general methodology that could be used for similar problems on similar systems.

Une partie de la section de trois milles de long de la rivière des Outaouais qui a été étudiée. (Photo: Bruce Kane, CNRC)



La rivière des Outaouais

Étude des polluants

Le CNRC et l'Université d'Ottawa achèvent une étude quinquennale de la rivière des Outaouais.

Nous remercions la Base des Forces canadiennes, Ottawa Nord; l'Établissement aéronautique national et le laboratoire d'hydraulique de la Division de génie mécanique du CNRC; le Centre canadien des eaux intérieures, d'Environnement Canada; le Centre de photographie du gouvernement canadien; le personnel du H.M.C.S. Carleton; la Fraternité des Indiens du Canada; DOMTAR Limited; le Grand Conseil des Cris; et, le ministère ontarien des Richesses naturelles de leur aide et de leur collaboration.

C'est par ces lignes que se terminait le rapport de l'étude quinquennale de la rivière des Outaouais, menée conjointement par le Conseil national de recherches et l'Université d'Ottawa. La rédaction de ce document de 2 000 pages intitulé «Distribution and Transport of Pollutants in Flowing Water Ecosystems» a été achevée il y a un peu plus d'un an. Le groupe de recherche multidisciplinaire qui était composé de biologistes, de chimistes, d'ingénieurs et de mathématiciens du CNRC s'ajoutant à des professeurs et à des étudiants diplômés des départements de biologie, de génie civil et de géologie de l'université, avait sélectionné à l'avance trois polluants représentatifs du large éventail de contaminants de l'environnement: le mercure, le DDT et ses dérivés, et les polychlorobiphényles (PCB).

Écoutons le Dr D.R. Miller, directeur scientifique du projet et chef du groupe d'écotoxicologie de la Division des sciences biologiques du CNRC: «Ayant appris le lancement du projet, différents groupes prirent contact avec nous (voir Science Dimension 1973/4) pour nous offrir leur assistance. Les représentants de la Fraternité des Indiens du Canada, par exemple, s'inquiétaient eux aussi des effets du mercure et nous suggérèrent quelques endroits où nous pourrions procéder à une étude in situ de la situation; le H.M.C.S. Carleton s'empessa d'accéder à notre demande d'envoyer une équipe de plongeurs récupérer notre échantillonneur qui était tombé dans le fond de la rivière à la suite de la rupture d'un câble; d'autre part, le Centre canadien des eaux intérieures nous prêta fréquemment du matériel et du

personnel.»

Le groupe choisit alors d'entreprendre une étude globale. Bien que de nombreuses études aient déjà été effectuées sur les polluants dans l'eau et tout particulièrement chez les poissons, tous les éléments d'un réseau fluvial n'avaient pas encore été examinés simultanément et «c'est la raison pour laquelle», ajoute le Dr Miller, «nous avons décidé de consacrer toute notre énergie à une approche systématique, si bien que, avant que le projet ne s'achève, la méthodologie à employer n'avait plus de secrets pour personne».

La section de trois milles de long de l'Outaouais que l'on a étudiée se trouve immédiatement en aval des édifices du Parlement et s'étend de la partie située en amont de Kettle Island, près de l'embouchure de la Gatineau, à Duck Island. L'objet du projet était d'essayer de déterminer comment un polluant faiblement concentré comme le mercure ou le DDT circule dans la rivière et le temps qu'il faudrait à celle-ci pour s'en débarrasser. Par la même occasion, le groupe cherchait à mettre au point une méthodologie générale applicable à des cas similaires.

De quelle façon le mercure pénètre-t-il dans un réseau fluvial?

Le mercure est un métal qui est bon conducteur de l'électricité et ceci le rend très utile dans certains processus industriels comme, par exemple, la fabrication du chlore et de l'alcali (soude caustique). Ces deux produits chimiques sont largement utilisés dans la fabrication des pâtes et papiers. Il n'est pas rare, le long d'un cours d'eau, de trouver côte à côte une scierie, une papeterie et une usine de chlore et d'alcali. Pendant la fabrication du papier, le mercure peut être évacué accidentellement dans l'eau, tout comme il peut être rejeté dans l'atmosphère par la cheminée de l'usine de chlore et d'alcali. Il entre d'autre part dans la fabrication de certains équipements électriques, de différents types de peintures et il est utilisé dans les plombages dentaires. On le trouve également sous forme d'impuretés dans le charbon et le pétrole, de sous-produit de la combustion de l'essence dans les voitures ainsi que dans le charbon et le mazout de nos fourneaux et de nos fours. Il est donc omniprésent. Sa principale caractéristique est qu'il est toxique à des concentrations qui ne sont guère supérieures à celles où on le trouve à l'état natif.

Écoutons encore le Dr Miller: «Il y a dans toutes les régions du monde des poissons dont la teneur en mercure atteint une fraction de partie par million et qui ne sont pas considérés comme impropres à la consommation tant que le seuil d'une partie par million n'est pas atteint. Cependant, les polluants sur lesquels nous nous sommes penchés n'affectent pas la rivière des Outaouais de façon sensible. Somme toute, le principal résultat de notre étude est encourageant car nous sommes arrivés à la conclusion que si l'on supprimait les sources importantes de pollution de la rivière des Outaouais celle-ci retournerait assez rapidement à son état original.»

Le groupe de recherche ne souscrit pas à la théorie selon laquelle les bactéries qui vivent dans les sédiments du lit d'une rivière se livrent à une opération de conversion systématique qui donne au mercure une forme plus toxique. «Nous avons recueilli une masse considérable de données qui montrent que nous n'avons pas du tout affaire à un processus de conversion mais plutôt à un phénomène d'équilibre. La forme chimique que revêt le mercure présent dans l'environnement à quelque moment que ce soit dépend du milieu (eau, sédiments, etc.) dans lequel il se trouve. D'autre part, on observe un rapport constant entre la teneur en mercure des différentes parties de la rivière. On a constaté, par exemple, qu'il est possible de prévoir avec de très faibles marges d'erreur la teneur en mercure d'une plante aquatique et celle de l'eau: le rapport est approximativement de 1 000 à 1; la teneur en mercure de la plante étant supérieure à celle de l'eau.» Comme il est difficile de déceler sa présence dans l'eau, on dispose ainsi d'un moyen d'investigation simple. Il suffit en effet de calculer la quantité de mercure présente dans la plante et de la diviser par 1 000. Laissons la conclusion au Dr Miller: «Le projet est à l'origine de quelques retombées similaires qui s'avèrent intéressantes pour le scientifique et l'écologiste. Mais le plus important pour tout le monde c'est la conclusion que, dans ce cas au moins, une rivière semble être parvenue à se nettoyer remarquablement vite.» □

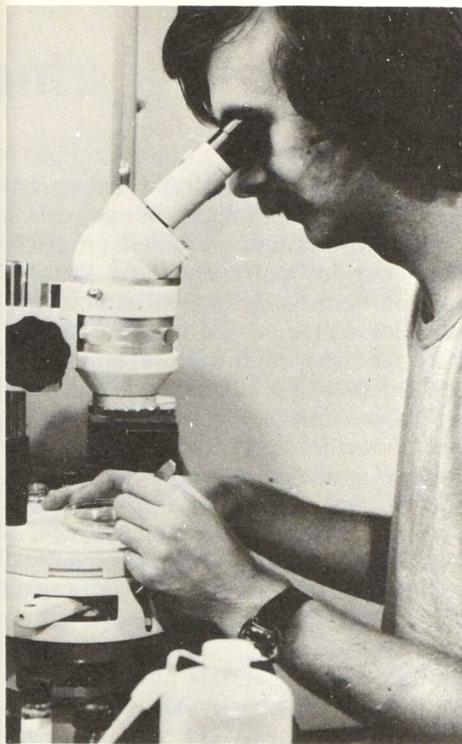
Texte français: Claude Devismes

How does mercury enter a river system?

Mercury is a liquid which conducts electricity, making it useful in some industrial processes – the manufacture of chlorine and alkali (caustic soda), for example. Both these chemicals are widely used in the making of pulp and paper. It is not uncommon to find a lumber mill, a pulp and paper mill and a chloralkali plant located side by side along a water route. In the papermaking process, mercury may escape into the water and it is also given off by the smoke-stack in the chloralkali plant. In addition, mercury is used in the manufacture of electrical equipment, different kinds of paints, and even in dental fillings. It also is an impurity in coal and oil, a by-product of the gasoline burned off in motor cars and in coal and oil used in stoves and furnaces. It therefore cycles around on a global basis. Its main characteristic is that it becomes poisonous at levels that are not very much higher than naturally-occurring levels. Explains Dr. Miller: "You can find fish that are a fraction of a part per million mercury anywhere in the world, and yet if they get up to one part per million or more, they are regarded as dangerous. However, the pollutants we looked at," continues Dr. Miller, "didn't really have much of an effect on the Ottawa River. Basically, the principal result of our study is an optimistic one: we found that the Ottawa River, once heavy pollution input stops, will return to its original state fairly quickly."

In the case of mercury, part of it is washed downstream and settles in the sediment; more sediment comes along and falls on top of it and eventually the mercury is buried in the deepest parts of the river under a fairly thick layer of sediment. Unless a major dredging operation is carried out, it will literally be buried forever. The rest of it evaporates and goes into the atmosphere and out over the oceans where it again is buried.

The group does not subscribe to the theory that bacteria which live in the sediment of a riverbed routinely convert mercury to a more toxic form. "We accumulated a lot of evidence to indicate that it is not a conversion process at all but an equilibrium phenomenon," points out Dr. Miller. "A certain fraction of the mercury in the environment at any time will be present in a particular chemical form – a certain fraction in the water, a certain fraction in the sediment. Furthermore, there is a constant ratio of mercury between one part of the river and any

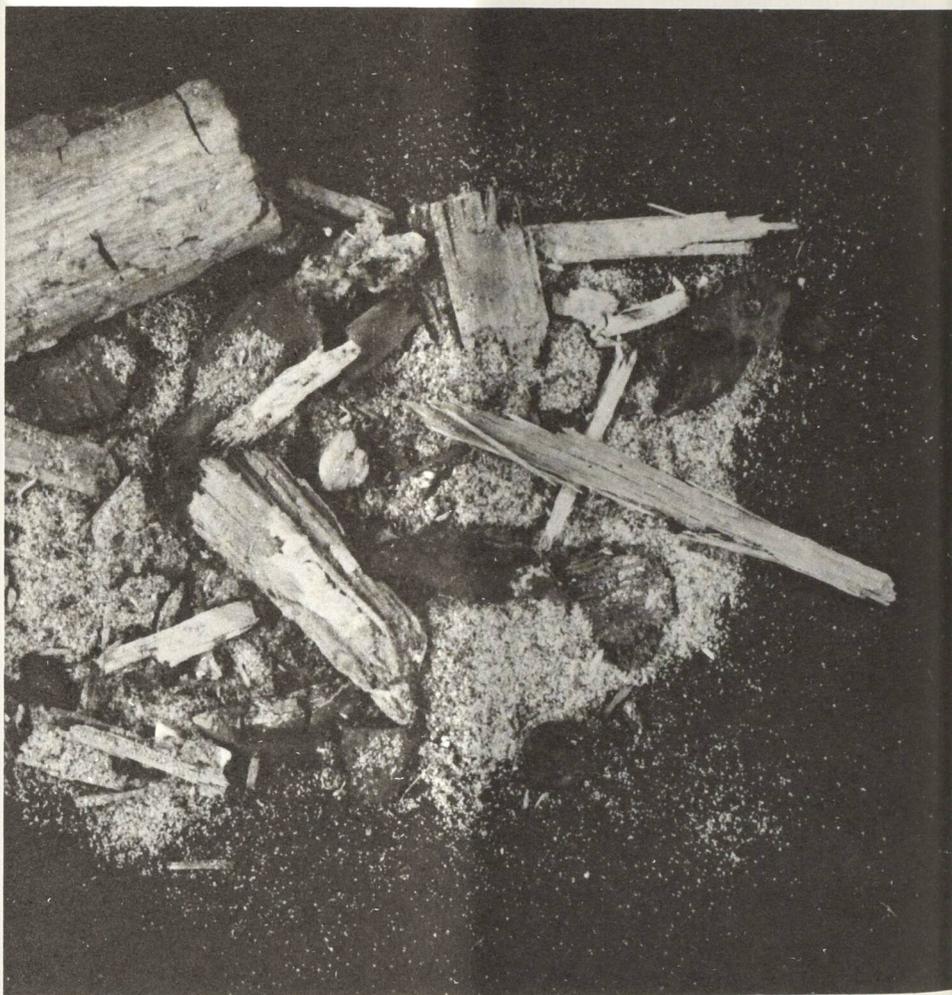


Analyzing samples for mercury in the laboratory. (Photo: John McAulay, NRC)

Des échantillons sont analysés en laboratoire pour déceler la présence de mercure. (Ph. John McAulay, CNRC)

other part. We found, for example, that there is a more or less predictable value for the ratio between the amount of mercury in the water and the amount in an aquatic plant – the ratio is about a thousand to one – mercury being higher in the plant than in the water." Because mercury is very difficult to detect in water, this leads to a simple and easy way of measuring it. Pick a plant, measure the mercury in it and divide by a thousand. "A few similar spin-offs have come out of the Project which are useful both to the scientist and the environmentalist. But most important to everybody is the conclusion that, in this case at least, a river seems to have been able to clean itself up with re-markable speed," concludes Dr. Miller. □

Joan Powers Rickerd



Woodchips found in the sediment. Conclusion of the five-year study indicates that the Ottawa River seems to have been able to clean itself up with remarkable speed. (Photo: DSB/NRC)

Copeaux de bois trouvés dans les sédiments. La conclusion de l'étude est que la rivière des Outaouais semble être parvenue à se nettoyer remarquablement vite. (Ph. DSB/CNRC)

WORLD'S ASTRONOMERS TO MEET IN MONTREAL

Astronomy's largest conclave will take place on the Université de Montréal campus, 14-23 August. The International Astronomical Union is holding its XVIIth General Assembly in Canada at the invitation of the National Research Council issued during the last assembly in Grenoble, France, in 1976. Encompassing all areas of astronomy, the assembly and its satellite symposia and workshops will review the strides made in the field over the past several years. In Canada, before and after the main meeting, seven specialist gatherings will be held in various cities. Ottawa will host two, an IAU Symposium on Solid Particles in the Solar System and a workshop on radio recombination lines. Toronto two more, a symposium on Close Binary Stars and a Colloquium on X-ray and Ultraviolet Spectroscopy. In London, Ontario, a Colloquium on Stellar Atmospheres will be held following the general meeting as will be a gathering in Victoria, B.C. on Starclusters. Outside Montreal, at Mont Tremblant, among the many distinguished scientists attending, Dr. Gerhard Herzberg will give an invited address at a Symposium on Interstellar Molecules.

RENCONTRE À MONTRÉAL D'ASTRONOMES DU MONDE ENTIER

La plus grande réunion astronomique jamais organisée aura lieu à l'Université de Montréal du 14 au 23 août prochains. L'Union astronomique internationale (UAI) a décidé de tenir sa XVIIe assemblée générale au Canada suite à l'invitation que le CNRC a lancée lors de la dernière assemblée qui a eu lieu à Grenoble, en France, en 1976. On profitera de cette occasion pour passer en revue les grands progrès accomplis depuis quelques années dans toutes les branches de l'astronomie. Sept réunions de spécialistes précéderont ou suivront l'assemblée générale. Ottawa sera le siège d'un symposium de l'UAI sur les particules solides dans le système solaire et d'un atelier sur les raies des radiofréquences résultant de la recombinaison d'électrons; Toronto accueillera deux autres, un symposium sur les étoiles doubles rapprochées et un colloque sur la spectroscopie d'absorption dans la bande de l'ultraviolet et des rayons X. Un colloque sur la convection et la turbulence dans les atmosphères stellaires aura lieu à London, dans l'Ontario, après l'assemblée générale, et une réunion portant sur les amas d'étoiles se tiendra à Victoria, dans la Colombie-Britannique. Le Dr Gerhard Herzberg a été invité à prononcer une allocution au cours d'un symposium sur les molécules interstellaires, à Mont Tremblant, au nord de Montréal, en présence d'autres scientifiques très distingués.

CUT - DECOUPEZ

1979/2

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		Ne plus envoyer vos publications <input type="checkbox"/> cette publication	

NAME - NOM

TITLE - TITRE

ORGANIZATION - ORGANISME

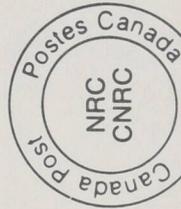
STREET - RUE

CITY - VILLE

PROVINCE

POSTAL CODE POSTAL

COUNTRY - PAYS



FASTEN HERE - SCHELLER ICI



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**

Public Information - Information publique

FOLD OUT

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?

Veuillez 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.

FOLD IN - PLIEZ VERS L'INTÉRIEUR

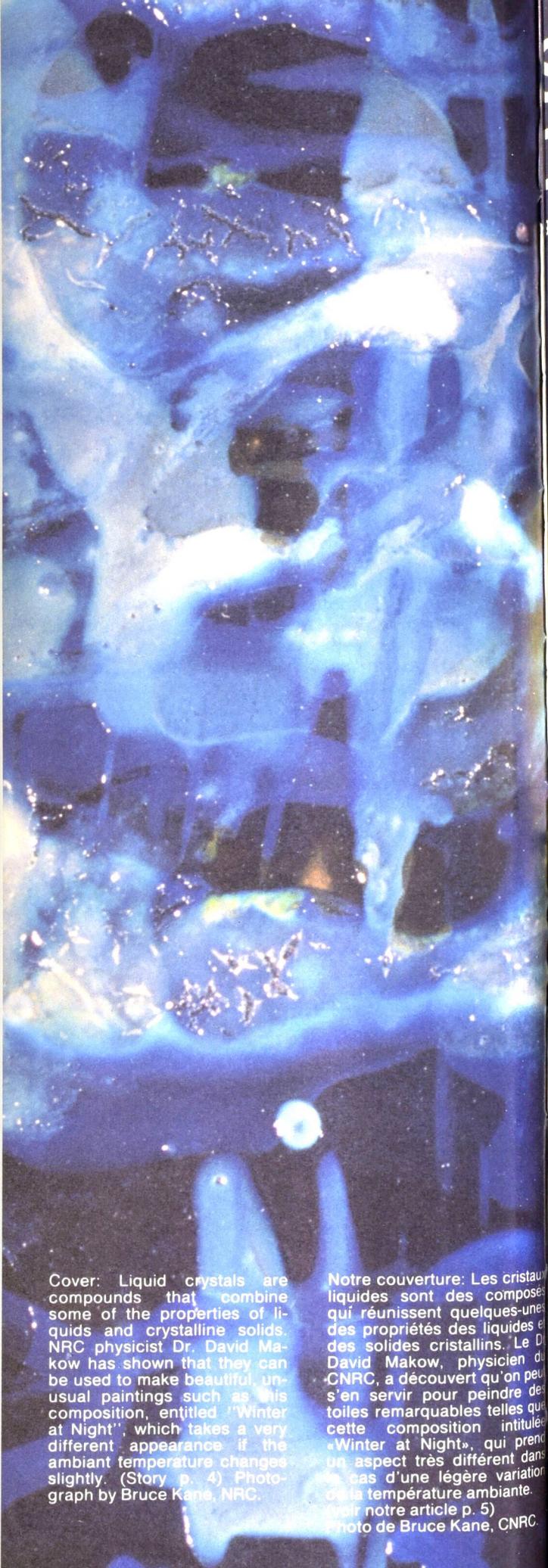


National Research Council
Canada
Ottawa, Canada
K1A 0R6

Conseil national de recherches
Canada
Ottawa, Canada
K1A 0R6

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

CUT - DÉCOUPEZ



Cover: Liquid crystals are compounds that combine some of the properties of liquids and crystalline solids. NRC physicist Dr. David Makow has shown that they can be used to make beautiful, unusual paintings such as this composition, entitled "Winter at Night", which takes a very different appearance if the ambient temperature changes slightly. (Story p. 4) Photograph by Bruce Kane, NRC.

Notre couverture: Les cristaux liquides sont des composés qui réunissent quelques-unes des propriétés des liquides et des solides cristallins. Le Dr. David Makow, physicien du CNRC, a découvert qu'on peut s'en servir pour peindre des toiles remarquables telles que cette composition intitulée «Winter at Night», qui prend un aspect très différent dans le cas d'une légère variation de la température ambiante. (voir notre article p. 5) Photo de Bruce Kane, CNRC.