

# SCIENCE DIMENSION

1983/3

**CONDUCTING  
CRYSTALS**

**METHANE RAIN**

**GAS MISERS**

**SPACE AGE SOS**

**NOSE FOR DANGER**

*Bianchi*



## Feedback...

In the past, communication between *Science Dimension* and you, the reader, has been pretty much a one-way street. We write the science stories and you read them — we hope.

Today, we are inviting you to drop us a line whenever something in the magazine intrigues, angers, or mystifies you (any response that impels you to write is fine with us). Science magazine editors know how crucial reader letters are to the life of a publication. If the science stories can be said to be the magazine's brain, then the letters section surely represents its heart. Eric Shrier, an editor of the American magazine *Science 83*, cites a recent study that shows half their readers turn to the letters section first. Michael Kenward, Editor of the British magazine *new scientist*, says that letters from readers rank as one of his publication's most important sections. Experience has taught them that this feedback is the true gauge of a magazine's health.

So, write us. We can't promise to print all the letters received, but we'll acknowledge every one. It's a small price to pay for heart.

The Editor



# SCIENCE DIMENSION

VOLUME 15, NO. 3, 1983

**Editor** Wayne Campbell  
**Managing Editor** Margaret Shibley Simmons  
**Print Coordinator** Robert Rickerd  
**Photographer** Bruce Kane  
**Design** Acart Graphic Services Inc.  
**Art Production** Carisse Graphic Design  
**Printed in Canada by** Beauregard Press Ltd.

31159-2-1019

---

**Capsules** 4

---

**Space Age SOS** 9  
Search and rescue by satellite

---

**Forecast:** 12  
**High wind and methane rain**

---

**Swift Completion** 14  
The video mailbox

---

**Cherries . . .** 16  
**in the pink from the red**

---

**Conducting Crystals** 18  
A latticework for microchips

---

**Gas Misers:** 23  
Do they really work?

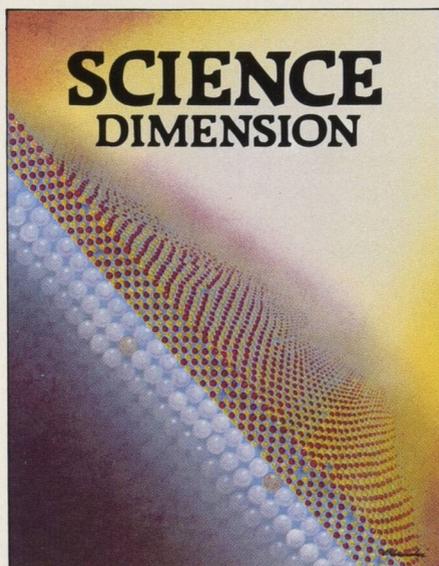
---

**A Nose for Danger** 27  
Sniffing a bomb's tell-tale traces

---

**Distant Early Warning Protein** 28  
Signalling cancer's onslaught

---



**Cover:**

Solar cells that convert sunlight into electricity are just one of the benefits that derive from so-called "thin-film" technology. John Bianchi's rendering of a zinc oxide film (zinc in yellow, oxygen in red) layered on a silicon base (white) illustrates the important features of such a cell. The oxide layer is transparent to light and contains "holes" where oxygen is missing, while the silicon substrate, which gradually absorbs the light, contains a boron(gray) impurity. These "imperfections" in the two materials are intentional (it's called "doping" in the trade) and allow an electric current to flow between the layers. While the sun shines, such a device can provide electric power. (In actuality, the zinc oxide layer is far deeper than shown — up to 80 atomic layers — and very little light is absorbed by the top silicon layers.) See story page 18.

*Science Dimension* is published six times a year by the Public Relations and Information Services of the National Research Council of Canada. Material herein is the property of the copyright holders. Where this is the National Research Council of Canada, permission is hereby given to reproduce such material providing an NRC credit is indicated. Where another copyright holder is shown, permission for reproduction should be obtained from that source. Enquiries should be addressed to: The Editor, *Science Dimension*, NRC, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0R6. Tel. (613) 993-3041. Indexed in the Canadian Periodical Index. This publication is available in microform. Cette publication est également disponible en français et porte le nom de *Dimension Science*. ISSN 0036-830X

# Capsules

## Confusing Cupid

Along the South Saskatchewan River, near Saskatoon, is a 10-km stretch of woodland that causes misery in the amorous endeavours of the Forest Tent Caterpillar moth. Somehow, the males just never seem to be able to find their prospective mates. Their quest for conjugal happiness is being deliberately thwarted by scientists from NRC's Prairie Regional Laboratory.



Forest tent caterpillars are incredibly destructive of hardwood trees in North America. In urban and recreational areas, caterpillar infestations have been traditionally controlled by insecticide spraying, a controversial technique that causes damage to far more than just tent caterpillars. To get around this, the scientists from Saskatoon are using the natural mating behaviours of the adult moths to decrease the population of caterpillars.

In the mid-summer breeding season, female moths sit in one place and release a mixture of chemicals, called a sex pheromone, that the male moths use to track in on. As the concentration of the pheromone in the air increases, the flying male moth senses that he is getting closer to the female. The pheromone secreted by a given species attracts only the males of that species, making it a highly selective attractant indeed. It is this particular pheromone that Mel Chisholm, Pachagounder Palaniswamy, and Ted Underhill are using to confuse the male moths. In the laboratory, they isolated and analysed the pheromone, and then synthesized it. They have since found, through field tests, that releasing small amounts of the

chemicals into the air totally confuses the male moths. With no odour gradient, only a permeated atmosphere, the males are hopelessly disoriented, and locate females only by chance, if at all.

This pheromone is only one of many that have been successfully isolated, analysed, and synthesized in the Saskatoon laboratory.

## Subatomic "weakling"

The recent discovery of the long-elusive subatomic "W" particle may provide a key to physicists' understanding of the basic forces that govern the universe.

The W particle has been sought for almost half a century because it has been assumed to carry one of nature's four basic forces, the "weak" force, which is believed to control radioactive decay. The detection of the W particle, by a team of European and American scientists working at the European Centre for Nuclear Research (CERN), provides the strongest support yet for theories that two of the forces, the electromagnetic and the weak, are part of the same phenomenon.

The universe, according to physicists, is held together by four basic forces: the electromagnetic force which binds atoms and molecules, the "strong" force which holds the atomic nucleus together, the force of gravity, and the weak force. Ever since physicist Hideki Yukawa published an historic paper in 1935, scientists have believed that each force is exerted by the transfer of some sort of particle. Yukawa successfully predicted the existence of particles, later called mesons, which carry the strong force. He also assumed the weak force was carried by its own subatomic particle, later dubbed the W particle.

During the five decades since then, physicists have sought to learn more about the W particle and have tried to confirm unification theories that say the electromagnetic and weak forces are actually part of the same force, carried by different intermediary par-

ticles. According to these theories, the electromagnetic force is strong because it is carried by photons, long-lasting subatomic particles with no mass. The weak force, on the other hand, is weak because it is carried by W particles, which are massive and short-lived.

The detection of the W particle not only helps to confirm these theories but could be a crucial step toward validating the so-called grand unification theories, which claim that all of nature's basic forces are simply different aspects of a single force.

The W particle was identified in experiments at CERN's giant particle accelerator, a 6.4 km circular tunnel, located north of Geneva, which is used to accelerate billions of protons (which with neutrons make up the nuclei of atoms) against a beam of antiprotons, their antimatter twins. When the protons and antiprotons collide, they are transformed into a great flash of energy, spraying a shower of subatomic particles.

These particles are too minute and short-lived to be seen under any microscope, but they leave trails that can be seen as they pass through a sophisticated detector array. The energy, mass, and other characteristics of each particle can be calculated from the curvature of its track in a magnetic field as well as its behaviour in other parts of the detector. After examining tracks from about one million collisions, the CERN team was able to identify six collisions that showed evidence of a particle that fits the theoretical description of the W particle.

In the next four months, CERN researchers will continue the experiments in the hope of confirming these initial discoveries. They also expect to find evidence of the Z particle, a slightly heavier counterpart of the W particle that has no charge.

Physicists are also eagerly awaiting construction of a mammoth new particle accelerator to be built beside the CERN accelerator and completed in five years. Because of this accelerator's immense size (27 km in cir-

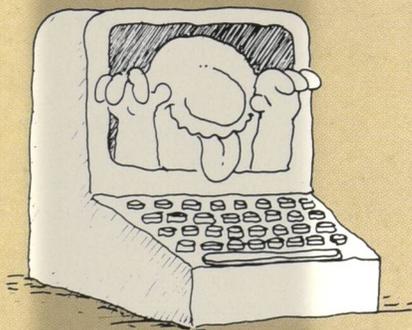
cumference), physicists will be able to accelerate electrons and positrons (antielectrons) to unprecedented speeds, creating collisions with enough energy to easily shake out the W and Z particles.

The National Research Council will play a crucial role in this project. In a joint effort with Carleton University, the NRC High Energy Physics section plans to produce part of the sophisticated detection equipment used to examine particles. According to Carleton University physicist Robert Carnegie, NRC and Carleton were chosen for this task because of their 15-year experience in producing extremely accurate detection devices for high energy physics labs across the globe. A recent example is the "time projection chamber," developed by the NRC High Energy Physics section, now taking data at the TRIUMF Laboratory in Vancouver.

### Electromagnetic ghosts

Electric garage doors seemingly open and close on their own, computers don't function properly, and the information stored on word processors is mysteriously wiped out.

No, we're not being haunted by a modern day poltergeist with a penchant for electrical gadgets. These



uncanny occurrences are caused by electromagnetic waves which are crowding our environment more and more every day.

Radio transmitters, microwave ovens, transmission towers, and even calculators emit these waves, and in an attempt to prevent them from causing further problems, scientists at the National Research Council's Division of Electrical Engineering are helping the Canadian Standards Association write voluntary standards for electrical equipment manufacturers to follow.

Researchers Fred Hunt, Satish Kashyap, William Lavrench, Shantu Mishra, and Alex Stone have built a specially calibrated cell that not only tests the effect of radio waves on various pieces of electrical equipment, but measures the waves that they give off. The cell, which is similar in appearance to a backyard gazebo, is a 3-m<sup>3</sup> room, tapered at two opposite ends, and enclosed entirely within a copper screen. As such it is protected from outside radiowave interference. At one tapered end, a signal generator sends out radiowaves at well defined frequencies which bathe the equipment to be tested in the cell; the opposing tapered end contains a radio frequency absorber which absorbs the energy not taken up by the equipment under test.

The team of engineers constructed the cell last summer, and have just finished calibrating it -- that is, they have demonstrated that the fields they generate are in accord with design predictions.

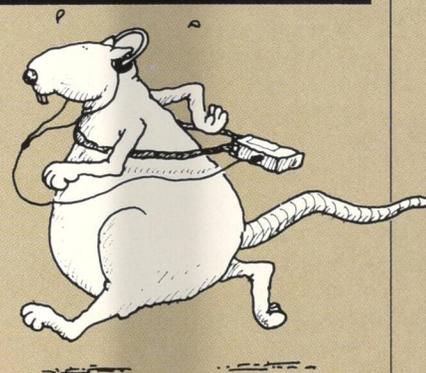
Various kinds of electrical equipment are now being placed in the cell and carefully monitored. Apart from testing the common household receivers like televisions and radios, the group intends to look at interference to such new technology items as home computers.

The cell can be used in experiments involving radio waves from the lowest possible frequencies up to about 60 MHz. If higher frequencies are sent through the chamber, the waves become non-uniform and unpredictable. A special chamber has to be constructed for experiments involving higher frequencies.

In addition to helping the CSA write standards for electrical equipment manufacturers, the scientists assert that their experiments can further research in this field by developing new devices, procedures, and test methods for others to follow. The cell has already been used to calibrate antennas and probes used in the testing of electromagnetic fields.

### Brown fat

Obesity is usually thought to be the result of overeating and a lack of physical activity. But research on rats and mice during the last few years has shown that a body tissue called



brown fat may be acting as a weight regulator, maintaining body weight within certain limits just as body temperature is regulated.

A few years back, NRC's Dr. David Foster showed that rats exposed to cold maintained body temperature, not by shivering, but through heat produced by their brown adipose tissue, or brown fat. This tissue, present in only small amounts, is located near the body's vital organs where temperature maintenance is essential. Workers studying genetically obese mice (which cannot survive the cold) then found that these animals have defective brown fat. Other laboratories discovered that this same tissue in rats increased in size and metabolic activity in response to increased food intake. The rats were fed a so-called 'cafeteria' diet (lots of rich food) which caused them to gain weight, but not nearly as much as expected from the calorie intake. And, once off the diet, the animals quickly returned to normal weights.

Says Dave Foster: "It has been suggested on the basis of these animal tests that, in adult humans, brown fat might be burning up excess calories."

What is it about brown fat cells that allows them to behave in this way?

Foster and others now think they know. The explanation is tied to an understanding of how a cell processes the food molecules that power it.

Carbohydrates and fats are normally broken down or oxidized by cells to produce adenosine triphosphate (ATP), which in turn is used to drive the cell. ATP is the cell's 'energy currency' for carrying out all of its metabolic activities. Food breakdown is usually controlled in a cell by the rate at which ATP is used up. In brown fat cells, however, a special protein called *thermogenin* uncouples food oxidation from ATP

production, so that all or nearly all of the energy from oxidation is converted directly to heat. The burning of food is thus not dependent on the energy requirements of the body. Researchers believe that obesity in mice could result from defective thermogenin.

But, there are other possible explanations for brown fat malfunction. Oxidation in brown fat cells is regulated by the sympathetic nervous system, which signals the cells with a chemical messenger called norepinephrine. Receptors, proteins in the cell membrane, interact with this hormone and transmit the signal to the metabolic machinery within the cell to start burning fat for heat production. Two different types of membrane receptors for norepinephrine are known, called alpha and beta. Dr. Foster discovered that brown fat alpha receptors modulate the response of the betas, which signal the cell to produce heat.

"As a crude analogy," explains Foster, "the role of the alpha receptors might be to change the tension on the trigger of a gun. Beta receptors are the trigger, and the squeeze that needs to be put on the trigger is controlled by the alpha receptors."

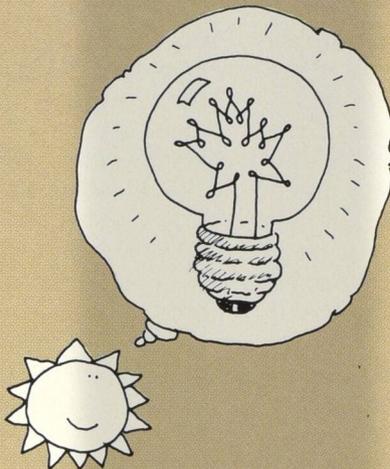
Foster says this adds a new level of complexity to the study of brown fat. "It's another potential site where something could go wrong in the ability of brown fat to be activated."

More on this research in a future issue of *Science Dimension*.

### Canadian-tailored photocells

Throughout the world, despite the current oil glut, many countries are turning to the sun as an alternate energy source. In Canada, solar energy is still used sparingly, but a group at Ottawa's National Research Council is doing research it hopes will create viable solar energy systems for the Canadian environment.

The group, led by John Ayer of the NRC's Electrical Engineering Division, is analysing existing photovoltaic power systems (which convert solar energy directly into electricity) and attempting to adapt them to Canada's needs. Until recently, the handful of low-power photovoltaic power systems set up in Canada have been mainly American-made, says Ayer. "There's no reason why



we shouldn't be designing and manufacturing our own systems," he says.

Because the sun over Canada is low in the sky for much of the year, large-scale urban power systems, which are economical in many sun belt countries, may not yet be feasible here. But because Canada is so huge, there are many remote locations where a photovoltaic system may be the best energy source.

A prime example is Canada's largest photovoltaic power system, located in the wilderness near Atikokan in northwestern Ontario, five miles from the nearest power lines. This two-year-old system, built by the Ontario Hydro and NRC provides 300 watts of continuous power to run an air pollution instrumentation system.

A similar case is a low power (50 watt) photovoltaic system designed by Ayer's group which is used as a power source for instruments measuring the water level and other factors in the Ottawa River. These instruments were previously powered by a diesel generator, which required many expensive trips for maintenance. According to Ayer, Environment Canada plans to use more of these photovoltaic systems at the many other remote monitoring stations scattered throughout Canada.

The group is also making a long-term comparison study of photovoltaic panels produced by the three Canadian and some top American manufacturers, to see which panels perform best in the Canadian environment. About 30 panels, mounted on the roof of an NRC building have been battered by Ottawa's wind, rain, snow, cold and heat for the last two years. They are constantly monitored by a computerized system which

measures and records power output and compares it with sun brightness, temperature and other environmental conditions.

In addition to analysing panels, Ayer's group is doing work on the other parts of the photovoltaic system, such as improving the ability of batteries to store solar electric energy when the sun is not shining. Research is also being done to improve the efficiency of devices which convert the DC electrical power commonly used in Canadian homes and business.

Ayer says he hopes Canada can follow the example of other countries now building "utility-interactive" photovoltaic power systems, which combine solar energy power sources with traditional electrical power. Even if Canada uses photovoltaic systems on only a small scale domestically, Ayer says the technology developed will not be wasted. "There is a growing export market for solar energy technology, especially among some of the sun belt countries," he says.



### Yeast insulin

Piotr Stepien, David Thomas, and their colleagues at the National Research Council's molecular genetics laboratory have succeeded in getting man's oldest domesticated animal — yeast — to produce proinsulin. Unfortunately, the quantities are far too small to make industry sit up and take note yet.

Already, NRC's Saran Narang and biologists at Cornell University in the U.S. have genetically engineered a bacterium (*Escherichia coli*) to produce a synthetic human proinsulin gene. (The human body uses proinsulin to produce the hormone insulin.) Stepien and Thomas decided to focus their research on yeasts rather than bacteria because they are safer in relation to humans. Unlike *E. coli*, yeasts are not normal inhabitants of man and, therefore, their toxicity is much lower.

Yeasts have other advantages. Thanks to the ancient industry of fermentation, the genetics and growth conditions of these single-cell organisms are well known. Yeasts are also more advanced or "eukaryotic" cells (as are the familiar plants and animals) so their capacity to produce complex molecules is greater than that of bacteria.

For the yeast to produce proinsulin, the gene for proinsulin must first be "introduced" to the yeast cell. This is accomplished by recombinant DNA methods. Basically, a gene coded for proinsulin is inserted into a plasmid which has been cleaved, or cut open, with a special enzyme. (A plasmid is a naturally occurring loop of DNA that exists within a cell.) The "recombined" plasmid is then put back into a cell. When the cell reproduces itself, it also reproduces or "clones" the recombined plasmid. The idea is to have these cells also translate the foreign gene's message into the desired protein product (proinsulin).

As the NRC workers realized, however, there are problems with obtaining proinsulin in this way. Yeast cells recognize the protein as foreign and destroy it. But, if it is spliced into something the yeast is familiar with (such as the enzyme galactokinase — also a protein), the yeast can be tricked into accepting it. To get such a hybrid protein, the researchers had to first produce a hybrid gene — that is, a proinsulin gene spliced into the gene for galactokinase.

But the proinsulin gene cannot be attached to the galactokinase gene at just any spot; it has to be at the right "reading frame." Think of the galactokinase gene as a paragraph and the proinsulin gene as a sentence. A proinsulin "sentence" will make sense within the galactokinase "paragraph" as long as the punctuation is observed — there must be a clear message to 'start' reading at the beginning of the proinsulin gene.

Knowing that the galactokinase gene has two positions in it where the correct punctuation for "read" is easily accessible, the NRC group was able to insert the proinsulin gene at each of these sites, and induce the yeast to produce proinsulin joined to galactosidase protein.

The major disadvantage to the technology as it exists now is the low yield. Although about 5 per cent of the

total protein in bacteria modified for the purpose is proinsulin (proinsulin protein is converted by the cell to insulin), the yield from yeasts is lower than 0.01 per cent. This means a lot more work has to be done in the laboratory before industrial production becomes feasible. Theoretically, this galactokinase disguise technique should yield 2 per cent proinsulin — the figure Stepien is aiming for.

### A liquid mirror

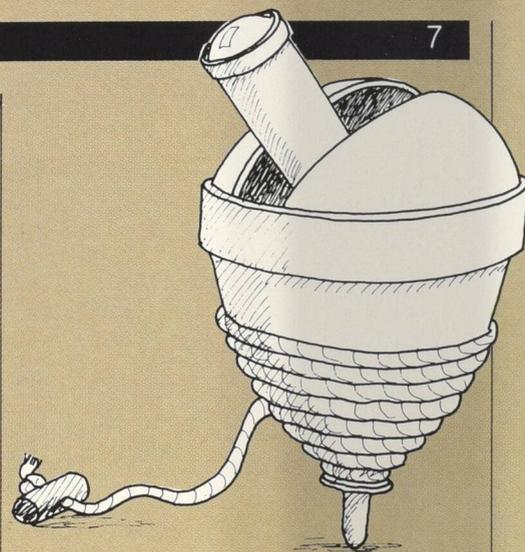
The year is 1909. The American astronomer R.W. Wood plans to develop a telescope with a *liquid mirror*! This ingenious concept, first put forward by a researcher in 19th century England, is based on the principle that the surface of a rotating liquid assumes the shape of a parabola. Unfortunately, the project faces difficulties which, for the time, are insurmountable, and it is abandoned.

Now, some 70 years later, Professor Ermanno Borra of Laval University has taken up the challenge. He feels that the concept is basically sound, and intends to prove that such a liquid-mercury instrument can be built.

If Borra succeeds, it would be possible, at least theoretically, to build telescopes measuring 10, 20, or even 30 m in diameter (the largest existing telescope measures 6 m in diameter). Furthermore, the cost of liquid mirror telescopes would compare very favourably with that of conventional telescopes. The size and originality of such an instrument would, of course, raise a number of design problems, but Dr. Borra feels that modern technology can overcome the difficulties which R.W. Wood found insurmountable.

For the moment, the Laval professor is determining the feasibility of the concept using small liquid-mercury mirrors, and thanks to grants from the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC), he has already developed mirrors measuring 0.5 and 1 m in diameter, suitable for conventional telescopes. Once he has tested mirrors 1.64 and 2 m in diameter, he plans to build a complete telescope with a liquid-mercury mirror 6 m in diameter.

Because of basic design constraints, such a telescope can only be



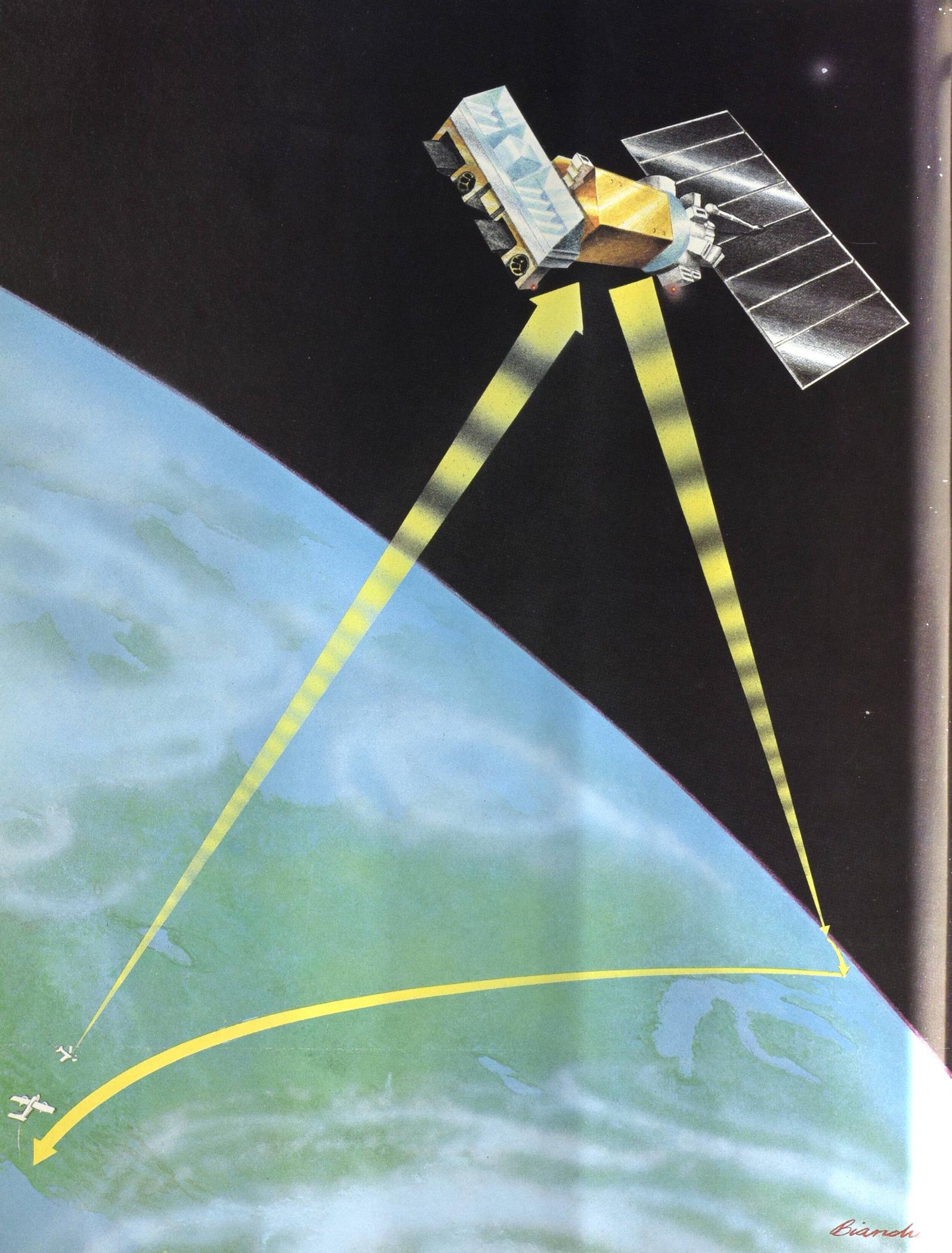
aimed towards the zenith (straight up), but it will have a limited ability to track distant objects. In fact, its most effective use will be in observing very distant, low-light objects. Because of its size and high resolving power, the mercury telescope could extend mankind's vision considerably in the search for distant galaxies, supernovas, and quasars.

### FRS London

Last April, Professor Pierre Deslongchamps, of the University of Sherbrooke's Department of Chemistry, was elected Fellow of the Royal Society of London for his work in organic synthesis and for the development of his theory on the stereoelectronic control of chemical reactions.

Prof. Deslongchamps has been doing research at Sherbrooke since 1967; the theory he developed holds that the course of a chemical reaction, as well as the nature of the resulting products, is determined by the spatial arrangement of electron pairs within the chemical bonds. This so-called stereoelectronic theory promises to be useful in other areas of chemical research such as the study of enzyme activity.

Prof. Deslongchamps has received several awards and scholarships, including the 1971 Steacie Award given out by the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC). He is the author of many publications, and a Fellow of the Royal Society of Canada.



*Bianchi*

# Space Age SOS

## Search and rescue by satellite

by Patricia Montreuil

English adaptation: Robert Serré

**O**n September 9, 1982, a small aircraft carrying three people crashed in a forest in north-eastern British Columbia. Although the pilot and his passengers had been injured, they were able to repair the antenna of their radio transmitter, damaged by the impact, and send out a distress signal. As a result of a Soviet satellite relaying the distress signal, they were found less than 28 hours after the accident!

The satellite, called COSPAS 1, is the first link in a new international network to locate distressed ships and aircraft. It has been tested since September 1982 by Canada, the United States, France, and the Soviet Union, and is expected to save many lives in the years to come, as well as tens of millions of dollars in rescue costs. It could also open up new markets for a Canadian company which makes one of the key components, namely the ground station that receives the distress signals relayed by satellite.

When an aircraft crashes in a remote area of Canada, the High Arctic for example, the Department

of National Defense must launch expensive search and rescue operations, requiring several aircraft and dozens of people. Locating a downed aircraft may take several days, and yet the survival of injured people may hinge on being rescued only a few short hours after the crash. The time lost because distress signals from ships or aircraft are not immediately picked up, as well as the delay in organizing a rescue operation, underscore the need to quickly pinpoint the origin of such signals.

Since the early 1970s, most commercial and non-commercial aircraft have been equipped with beacons (radio transmitters) which send out distress signals. The concept, developed by Canada's Department of Communications, relies on the beacon surviving when a plane crashes (see box). Unfortunately, the efficiency of these beacons is limited by their low signal power (less than one tenth of a watt); normally, their signals can be picked up only within a range of 50 to 70 km. Too, mountains may block the signal transmission, reducing its range even more.

---

*The satellite relays the distress signal to the ground station located near Ottawa and the coordinates of the accident site are transmitted automatically to the Canadian Mission Control Centre located in Trenton, Ontario. The Centre then contacts the Canadian Forces Rescue Coordination Centre closest to the site, and a rescue mission is sent to find the distressed aircraft.*



Finally, the batteries for these beacons only last 48 hours. The distress signal could, therefore, cease before a rescue team has a chance to locate the distressed ship or aircraft.

The idea of using satellites to monitor distress signals is not new, and goes back to the 1950s before the advent of the satellite era. Canada and the United States began working independently at first, but got together in 1977 to develop the Sarsat program ("Search and Rescue Satellite"). Shortly thereafter, they were joined by France. The USSR, which had developed a similar project called COSPAS, reached an agreement with the Sarsat group in 1977 on joint technical specifications which have increased the efficiency of this worldwide system for locating distressed ships and aircraft.

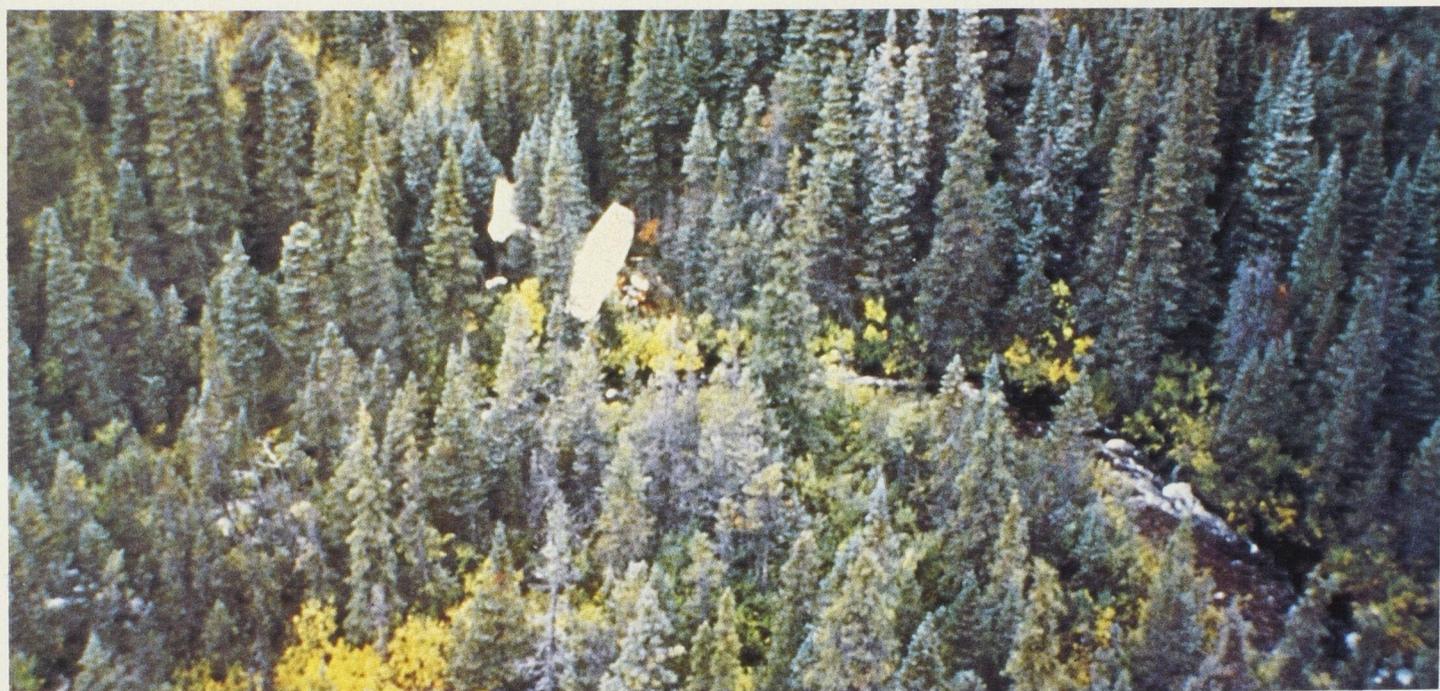
In the summer of 1982, the Russian satellite COSPAS was launched into a polar orbit around the Earth, equipped to relay distress signals on an international frequency of 121.5 MHz. The satellite circles the Earth in 100 minutes at an altitude of 1 000 km. During that time, the earth shifts 23 degrees in longitude (this represents a lateral shift of almost 2 000 km in southern Canada). The satellite's path is thus slightly different during each orbit. With the launching last March of the American satellite TIROS-N, all areas of the world are now monitored twice as often.

There is now a growing number of ground stations throughout the world capable of receiving the signals relayed by the Sarsat-COSPAS satellites. Canada's Department of National Defense, responsible for Canadian rescue operations, has a ground station at Shirley's Bay near Ottawa, and there are four in the United States and one in France. All six stations were designed and built by a high technology company in Ottawa, Canadian Astronautics Limited, which specializes in systems engineering and real-time digital processing of signals.

The stations are equipped with a 3 m parabolic antenna which tracks the satellite as soon as it appears on the horizon; travelling at an altitude

of 1 000 km, the COSPAS satellite takes only about 20 minutes to cross the sky. During this passage, the station can receive distress signals from both sides of the satellite's path, covering a total width of 4 000 km. Ten minutes after the satellite has crossed over Canada, the computers at the Ottawa ground station have finished processing the data received, and can calculate the origin of any distress signal within a few kilometres.

James Taylor, president of Canadian Astronautics Limited, explains that, while sophisticated computers are needed to process the huge quantities of complex data, the method used to pinpoint distress signals within the Sarsat network is based on a principle that has been known to physicists for a long time — the Doppler effect. The classic Doppler example known to all science students is the changing tone of a train's whistle, which has a high pitch as the train approaches, and fades to a low pitch as the train moves away. The same effect applies to the frequency of a radiobeacon signal from an aircraft or ship in relation to an orbiting satellite. Because ground-based computers know the frequency of the signal sent from the distress site, they can compute the Doppler shift in the signal received by the satellite. This, in conjunction with



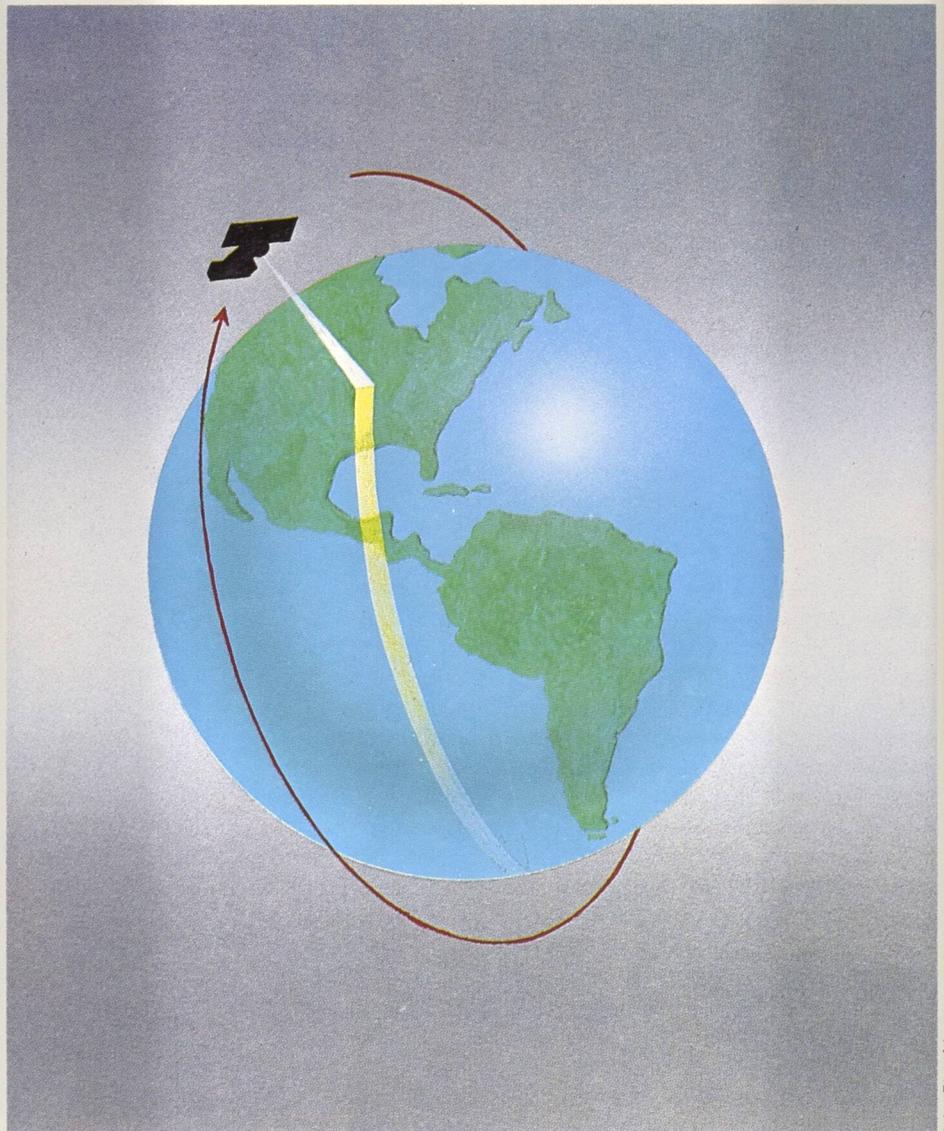
*It isn't easy to spot a downed aircraft in heavily wooded areas; this photograph was taken in the mountains of British Columbia by the rescue team last September.*

precise data on the spacecraft's orbit, allows the ground station to locate the distress signal's origin with great accuracy. The computer can provide the coordinates of an accident site with a margin of error of 8 to 30 km. The accident in British Columbia was pinpointed to within 22 km.

Once the coordinates of an accident site are received at Shirley's Bay, they are transmitted automatically to the Canadian Rescue Operations Coordinating Centre at Trenton, Ontario. The Centre then contacts the Canadian Forces base closest to the site, and a rescue mission is dispatched.

Since the first rescue operation in British Columbia, the SARSAT-COSPAS satellite search and rescue system has been used successfully dozens of times, and countries such as Brazil and Australia are now interested in participating. The future thus looks very bright for Canadian Astronautics Limited, as well as for other Canadian companies that manufacture special electronic equipment for the SARSAT program such as SED Systems in Saskatoon, and Spar Aerospace in Montreal.

Almost 9 000 rescue missions are organized each year in Canada for distressed ships and aircraft, at a cost approaching \$100 000 000. With the SARSAT system, these costs should be greatly reduced and rescue operations made much more efficient. ☾



John Bianchi

In the past, many airplane radio beacons for sending distress signals were either destroyed during impact, buried under wreckage, or lost under water. To get around this problem, Ottawa engineer Harry Stevenson, formerly of NRC's National Aeronautical Establishment, came up with a way of ensuring that such a beacon would escape destruction during a crash.

Stevenson's device, called a Crash Position Indicator or CPI, has no moving parts; it is

attached to the body of an aircraft by a spring latch, or it can be fitted into the fuselage. At the moment of impact, it is hurled away from a crashing aircraft, its streamlined shape allowing it to land safely a short distance away; immediately, it starts to transmit a distress signal, no matter what its orientation (upside down, sideways, whatever). Stevenson, who designed the airfoil and its escape mechanism, worked in collaboration with NRC's W.A. (Bill) Cumming, who designed the antenna, and

David Makow, who built the radio beacon.

Used by air forces in many countries, including Canada, the CPI is built by Leigh Instruments Ltd. of Carleton Place, Ontario. The device can also be equipped with a flight recorder, an electronic instrument which records an aircraft's maneuvers in flight as well as the performance of its systems. This information is vital in determining the cause of an accident and avoiding its recurrence.

# Forecast: High Winds and Methane Rain

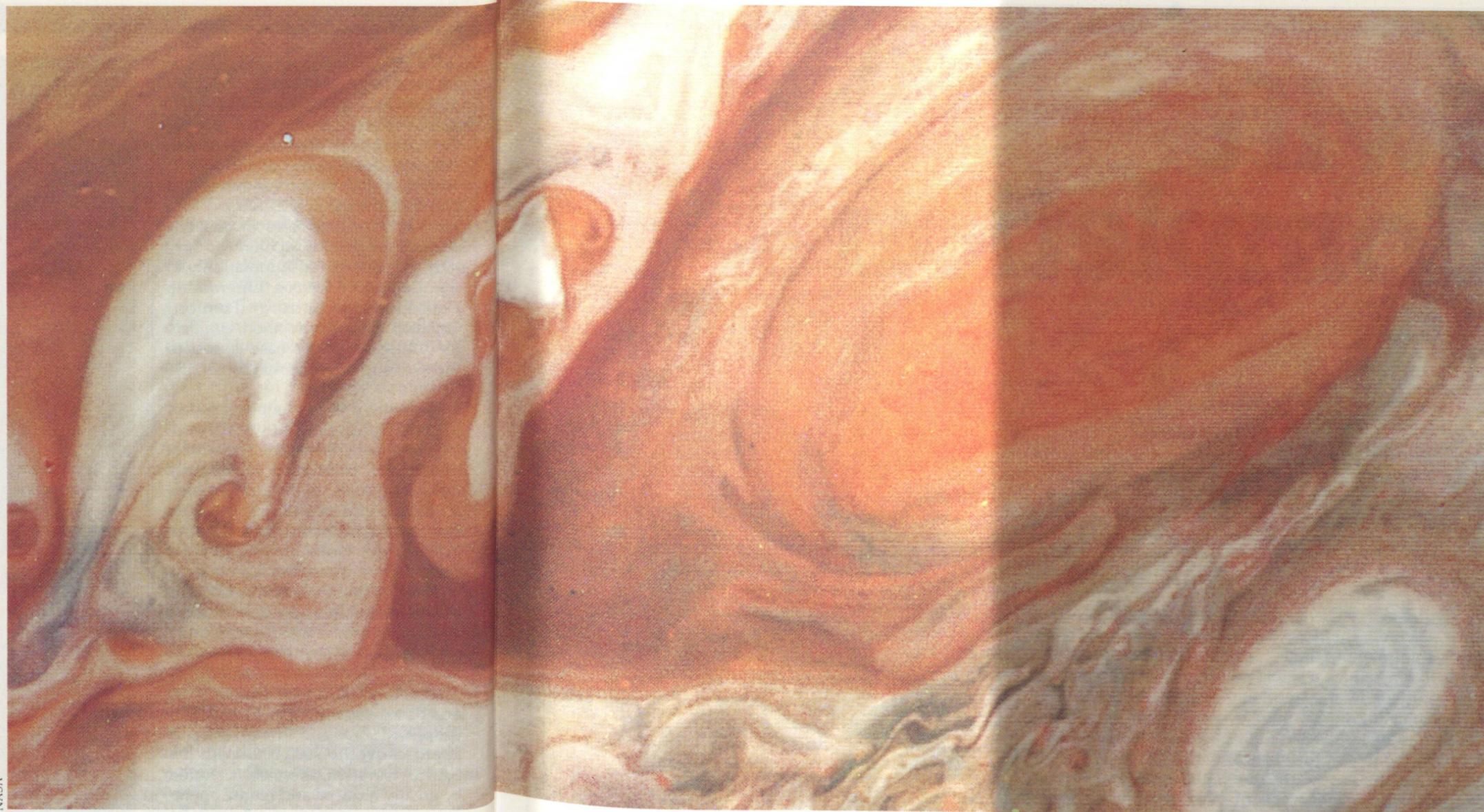
by Stephen Haines

The several thousand images of Jupiter and Saturn gathered by the Pioneer and Voyager spacecraft have produced "an explosion of knowledge," according to Dr. Garry Hunt of Imperial College of Science and Technology in London. Hunt, an atmospheric physicist, spoke recently at NRC about the weather patterns observed on the two giant planets. Although the pictures indicate conditions alien to the earth's weather patterns, Hunt stressed the many surprising similarities between Jupiter and Saturn that researchers have found.

Both planets exhibit a banded appearance, an observation detected by earth-bound telescopes and confirmed in detail by the spacecraft cameras. The bands are formed by the action of high-speed, eastward and westward winds that move cloud tops across the atmospheres. Eastward winds, which blow in broad bands at very high speeds near the equators of both worlds, also appear in narrow jets of lower speed away from the equator and are much stronger than their equally narrow westward blowing neighbors. Each planet's streaked appearance seems reasonable in light of their size and angular speed of rotation — ten times bigger than earth and spinning between two and three times as fast.

Meteorologists are concerned with the "energy budgets" of the atmospheres they study — that is, where the energy is introduced into the atmospheres, and how it moves about. Jupiter and Saturn both manage to provide something extra for their budgets which Earth does not — they produce more heat internally than they receive from the sun. Unlike the earth, where activity is driven by solar heat at the equator and energy moves to the poles, heat from the interiors of Jupiter and Saturn keeps the average temperature from each pole to the equator nearly constant.

Among Jupiter's surprises is the Great Red Spot (GRS). Its angry, carmine colour was first observed in 1664, and it was identified as an atmospheric storm of astonishing size and duration. Hunt, who is a member of the Voyager imaging team, noted that the GRS is but one of many large oval spots scattered between the equator and about 45° North and South. They are cooler than their surroundings with the circling winds similar to high pressure zones on earth. They also appear and disappear in a matter of years — the GRS is unique in its longevity. Why all of the storms except the GRS are white remains a mystery. Hunt

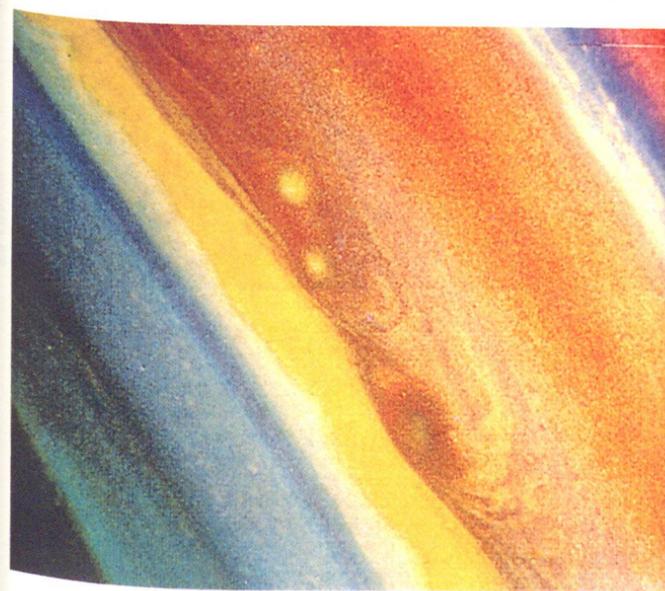


The smallest detail that can be seen of this view of the Great Red Spot is less than 100 km across. Both red and white spots exhibit similar patterns, differing only in colour. The eddies are from wind blowing from the east (right).

suggests the Red Spot may be much deeper than the others and that its colour comes from phosphorus produced by sunlight at the cloud tops from phosphine (PH<sub>3</sub>) brought up from deeper layers, trapped by it and not by the white spots.

Saturn's more monochromatic appearance belies an atmosphere even more active than Jupiter's. Also banded, Saturn has much faster winds — 1500 km/h at the equator compared with Jupiter's 500 km/h — but lacks the large eddies and massive storms of the larger world. Like Jupiter, Saturn produces more heat than it receives (about two to three times as much), which is responsible for its greater convective activity. According to Hunt, this internal power is the cause of Saturn's haziness in the upper atmosphere. The haze appears to be methane droplets and the layer acts in many ways like the ozone layer high in our own atmosphere where many strong chemical reactions take place.

Hunt cautioned that, although he favoured the idea that internal heat drives the weather on the two planets,



Close-up views of Saturn revealed numerous features not previously observed. In this picture, a high pressure storm more than 3000 km in diameter and two smaller convection cells are visible. A narrow wind stream, moving at 150 m/s, flows along the top of the yellow band above.

another theory based on solar radiation as the driver has been recently proposed for Jupiter. This computer-generated model applies the mathematics of earth's weather mechanisms and assumes that the Jovian wind patterns are not all that deep. According to the model, solar heat at the equator initiates north-south air movement in a shallow layer at the top of an atmosphere that is thousands of kilometres deep. The moving air is then swept to one side by planetary rotation. The process continues until the atmosphere exhibits a series of alternating eastward and westward wind belts — the chief characteristic observed on Jupiter. Large eddies in the system are the white (and one red) ovals which are part of the energy transfer mechanism. Heat coming up from the planet dissipates through this zone too slowly to have significant effect.

Resolution of these theories will have to wait for Project Galileo, set for launch to Jupiter in 1986. This "third generation" of remote explorers will orbit the planet and send probes into the atmosphere. The information they transmit before sinking into the sea of liquid hydrogen hidden far beneath the clouds will indicate what activities are taking place in the regions we cannot now see. ☾

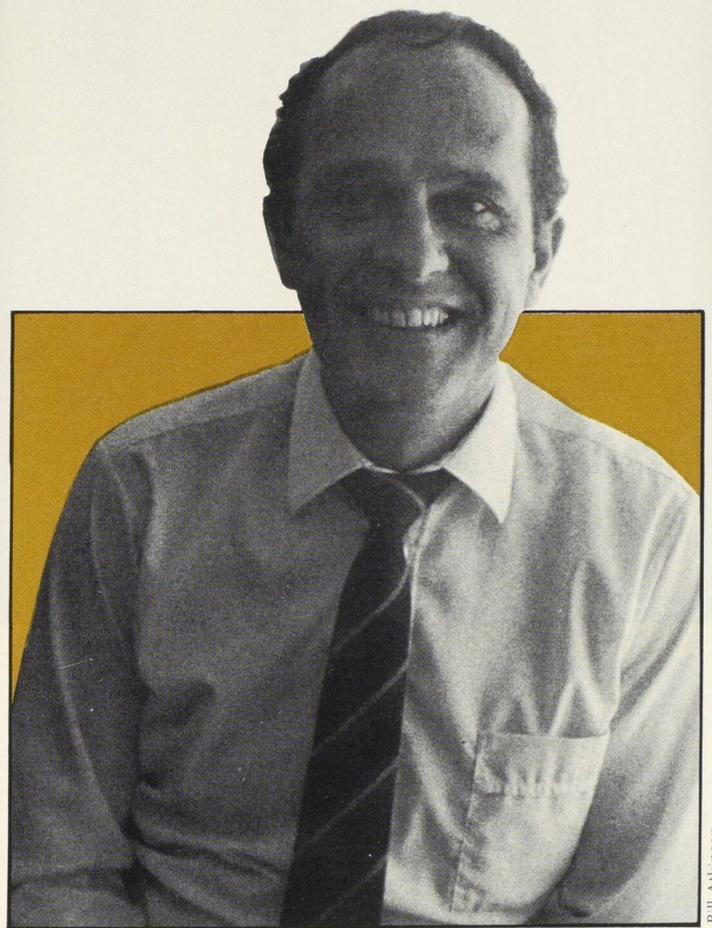
# Swift Completion

by Bill Atkinson

**P**eter Wolters is an information specialist at NRC's Canada Institute for Scientific and Technical Information (CISTI), and he has a problem. He needs to send a message to a colleague in another department of the federal government in Ottawa. She is in an all-day meeting and cannot be reached by phone; the message, while important, is not urgent enough to pull her from the meeting. But a standard typed letter would require an hour to process, proof, and send, and another day or two to reach its recipient. A courier could deliver a note within half a day, but at high cost; a phone message dictated to a secretary can be only so long before errors creep in; and a simple request-to-call might mean that Wolters himself was unavailable when his colleague called back. What to do?

Wolters' situation is maddeningly common; his solution is not. He simply swivels to face a small computer terminal atop his desk, and types his special account code. NO NEW MESSAGES, the screen responds. Peter Wolters has just checked his mailbox. Swiftly he inputs his colleague's name, instructs the machine to put a copy of forthcoming text in his own file, and types the message to his associate. His words will stay in a central file until their recipient looks in her own 'mailbox' via her own desk terminal. The message will remain completely confidential until retrieved and responded to. Peter Wolters has just used a system which may soon revolutionize the way Canadians communicate with one another. It is called electronic mail.

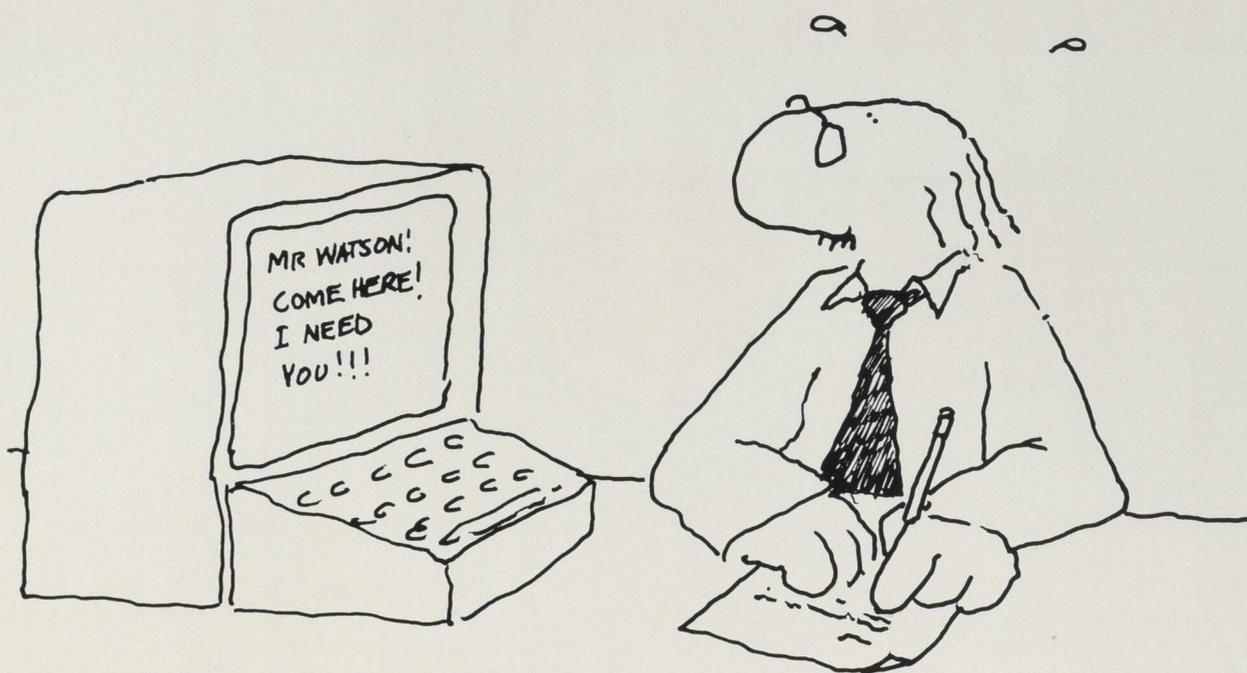
"Private business in North America," says Wolters, "has been looking with alarm at its growing paperburden. Sure there's an information explosion, which is both cause and result of the computer. But business has begun to realize that most of its information needn't be 'hard copy' — that is, print on paper. Much of it is for transient use: it's obsolete the instant it's acted on. And much of what



*Dr. Peter Wolters has helped develop various types of electronic mail for use with CISTI's Canadian On-Line Enquiry (CAN/OLE) system.*

remains can be more easily filed, retrieved, and massaged when it's electronic."

The businesses now experimenting with these electronic mail systems are betting that they will soon assume the importance that paper mail has today — that they will revolutionize routine inter-office communication in the 1980's and beyond. It seems a pretty good bet. Explains Peter Wolters: "Electronic mail can do virtually everything hard-copy mail does, but without paper. Here at CISTI we're also looking at applications for these systems that go far beyond mere message transfer. Once you've put data



John Bianchi

into the system, you cannot only transmit them: you can process and manipulate them as well. We have been doing this with our own CAN/OLE system for many years now." (CAN/OLE or Canadian On-Line Enquiry is a system for searching the scientific and technical literature).

As an example, Wolters points out that CISTI, the great science library for which he works, must respond to hundreds of requests for scientific information each day. CISTI's version of electronic mail enables the library to display simplified, interactive request-for-document forms on terminal screens all over Canada, ensuring that inter-library-loan requests are correct and complete the first time around, and serving those who make the requests with maximum accuracy and speed.

"To make sure that our message system could be adapted to our requirements prior to proceeding on a national scale, we developed and tested a series of scripts in cooperation with Bell Northern Research and the Computer Communication Group. For our specific needs this proved to be a highly successful private sector/NRC proj-

ect. After only 6 months we are now receiving over 800 requests per month for documents via our system."

As well, Wolters and others within the NRC are now devising electronic means to store, retrieve, and cross-correlate the information in electronic mail. In this way, CISTI can channel electronic requests to the most appropriate people, adding its own comments and noting the redirected request for possible later reference.

And there's more in store. Says Wolters, "Once we attach a micro-processor to an electronic mail terminal to 'download' its data or interpret them to a more powerful machine, we can get quick, reliable information for our systems managers. Now it's pretty time-consuming for us to gather statistics showing us exactly which regions and industrial sectors generate the requests we respond to. If every piece of mail on the nationwide electronic-request network directed to CISTI were noted by a special program, our managers could know at the push of a button that a particular organization didn't seem to know about our services, or that interest in, and use of, scientific and technical information seemed high in, say, the aircraft industry. We could then take the appropriate action.

"For example, we might have to strengthen our database in production engineering if we found we were unable to field requests of that sort in-house. We receive a quarter of a million document requests a year now. That's impossible to analyse fully without the help of a computer."

How does one get to use the CISTI system? Much as for Telidon, a firm or individual simply contacts the Trans-Canada Telephone System and subscribes. Newcomers to the system need an hour or two to pick up the basics; those already familiar with the care and feeding of computer terminals often need less time. Authorized users receive a unique password and can then use the CISTI system at need. ☾



John Bianchi

# Cherries...in the pink from the red

Not surprisingly, there is a lot of raw writing talent out there in the science and technology trenches where the work is being done. A case in point is food scientist John Jaffray's "Play" describing how NRC's Industrial Assistance Research Program



(IRAP) recently helped a Toronto-based food company. Jaffray's artful, entertaining narrative illustrates the workings of these integrated IRAP programs far better than any brochure on industrial assistance.

## Act 1 Scene 1 • A Plant in Toronto

... "Twenty-one days," the Plant manager groaned. "Twenty-one days to make maraschino cherries! It's too expensive! It's too labour intensive! We can't keep on doing this. If we can't find a better way of making them we'll have to close this process down and lay-off the seven people currently employed and we don't want to...."

## Act 2 Scene 1 • IRAP Office in Ottawa

... "what we need is research," said the NRC food scientist to the IRAP Field Advisor. "It seems to me that we have another case of a traditional process handed down from generation to generation without any fundamental research to back up the existing production method. Would you like me to visit the company with you and discuss the problem? Maybe we can...."

## Act 2 Scene 2 • The Plant in Toronto

... "and NRC has a program called IRAP-L," explained the Field Advisor to the Plant manager. "We can assist you to evaluate basic factors such as rate of penetration of sugar, degree of agitation, and effects of temperature and pressure. There's a College in North Bay which has a Food Technology program. Perhaps we can persuade them to undertake the project...."

## Act 3 Scene 1 • The Same Plant — later

... "Eleven days? Fantastic!" exulted the Plant Manager. "That's going to save seven jobs and get us into the black by almost doubling our production!"

Field Advisor: "I think our student program — it's called IRAP-H — could help you to implement these results in your production line. And, in fact, it would also help you to explore further prospects for process improvement. Maybe we can...."

## Act 3 Scene 2 • The Same Plant — still later

"We've got the process time down to seven days," exclaimed the Plant Manager. "Do you realize that we've virtually tripled our production, kept on our seven experienced staff, and hired two new people? NRC, how many people know about these programs?...."

## Act 4 Scene 1 • IRAP Office in Ottawa

... "Just over \$1500 total cost" said the NRC food scientist. "Not bad for a couple of small programs!"

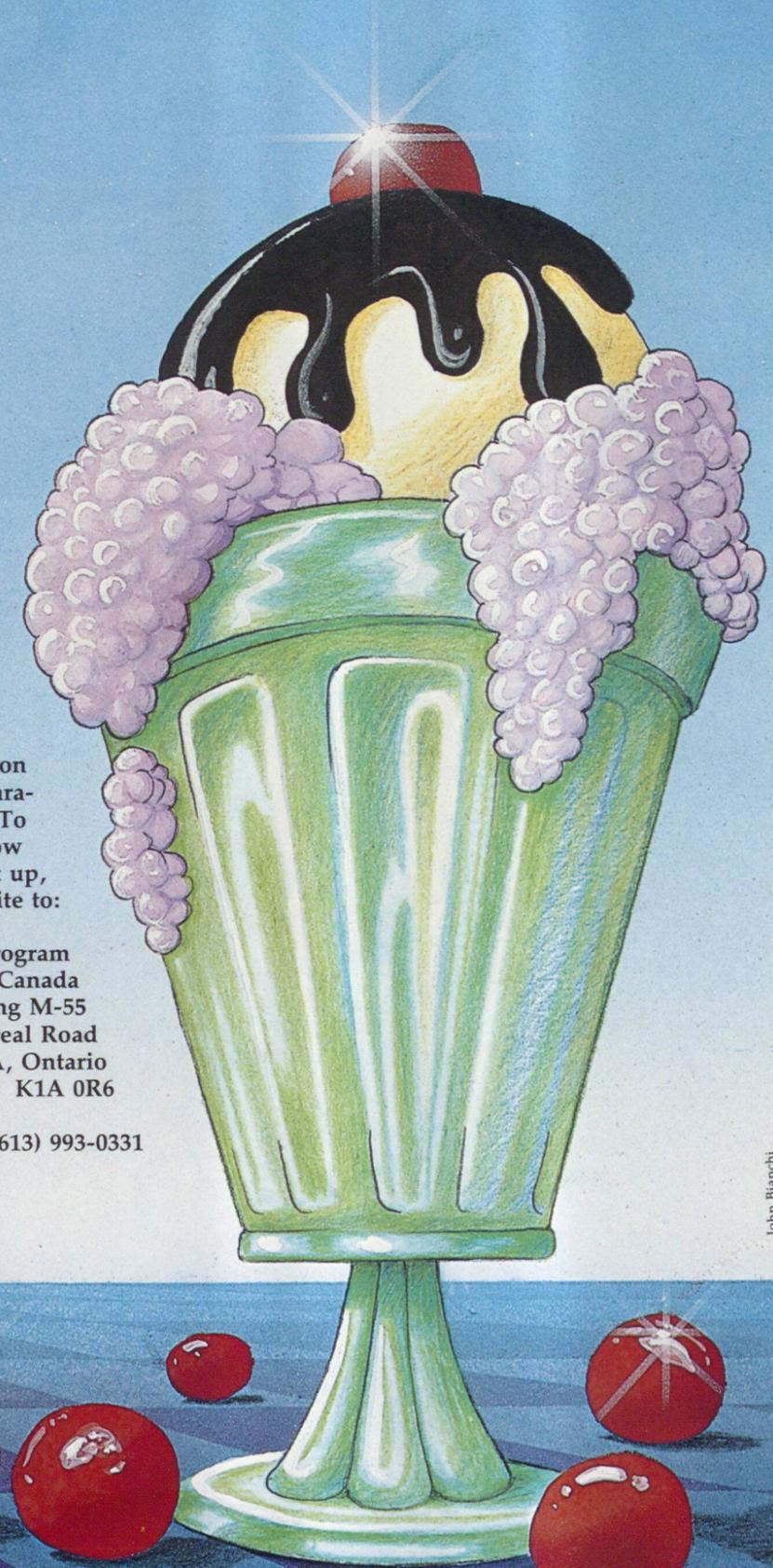
### John Jaffray

John Jaffray is a food scientist with NRC's Industrial Development Office.

Mr. Jaffray's dramatization is based on his own recent experience with a maraschino cherry producer in Toronto. To get a more detailed description of how the various IRAP programs are set up, simply write to:

Industrial Research Assistance Program  
National Research Council of Canada  
Building M-55  
Montreal Road  
OTTAWA, Ontario  
K1A 0R6

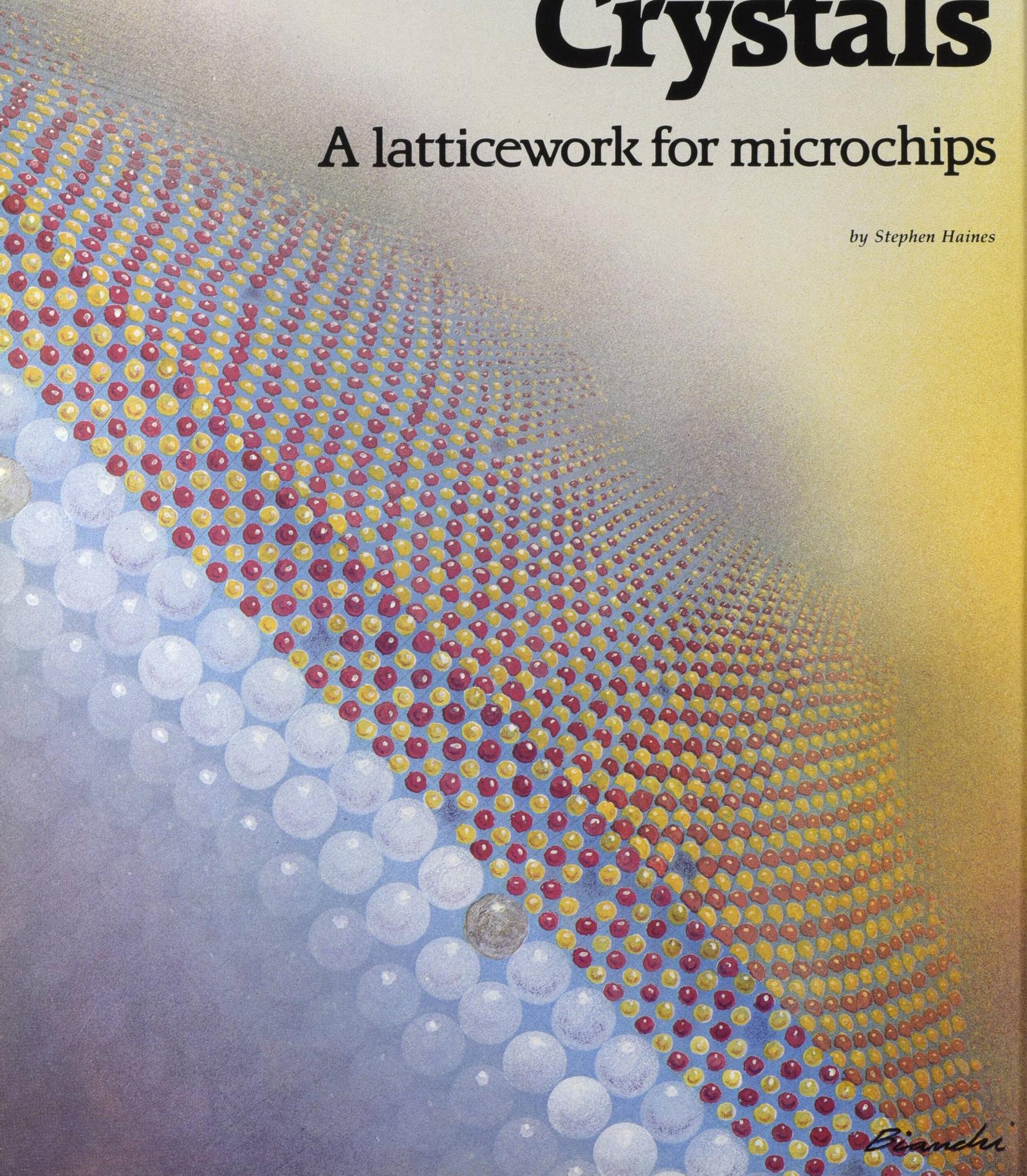
Telephone: (613) 993-0331



# Conducting Crystals

A latticework for microchips

by Stephen Haines



*Bianchi*

**N**one of the many technological revolutions of this century has been as sweeping as the quiet global takeover by tiny wafers of silicon, particularly in a form called "microchips." These small giants turn up everywhere — in faceless watches on the wrists of bushmen and businessmen, in computers the size of portable television sets, in fact wherever electrical signals need to be generated, processed, or stored. As well, large areas of silicon wafers are used to make the shining panels that generate electricity directly from the Sun. This amazing diversity of application is due to the properties of silicon, and to the specialized manufacturing technology that permits high control over the formation and growth of what are called "thin films" on the silicon surface.

Techniques that put thin layers of different substances atop one another in a sandwich fashion literally underlie not only the ubiquitous microchip but also such products as reflective windows and chrome-plated auto parts. Because thin films loom so large in our society, a group of researchers at the National Research Council has made them and their production techniques the subject of an intensive investigation.

According to Dr. Digby Williams of NRC's Division of Chemistry, the recent demand for new products using semiconductors has outstripped the existing thin-film technology that creates them. "Most of the deposition methods have been around for a long time," says Williams, "and they could stand improvement. They waste energy and material, and they cost too much. Although industry wants to correct these conditions, it hasn't sufficient time or facilities; so we're studying methods and materials to determine just what improvements can be made — not for quick changes, but for the longer time frame."

To make microchips, thin-film techniques deal with a family of materials known as semiconductors. These substances are a kind of compromise: they transmit electricity, but not with the cool efficiency of the copper wiring in your house. Most semiconductors are in fact not metals but other elements or compounds, which are considered insulators at

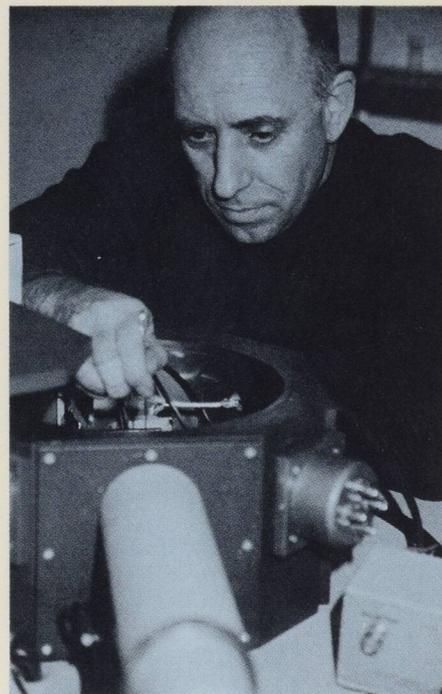
low temperatures and thus unable to conduct electricity at all. That semiconductors buck the odds and do pass current — making possible all those watches, computers, and solar panels — is all due to the way thin films are made. The trick, says NRC's Williams, is to incorporate just the right amount of a known impurity into the thin film.

Thin-film methods generally build layered crystals. Starting from a base of silicon, the structure is constructed layer by layer, until a sandwich is created. Introducing various impurities into these crystal layers lets electrons find paths across the completed structure and thus conduct current. The whole deposition process is a delicate one. According to Dr. Jim Webb, Williams' colleague in the Chemical Physics Section, "subtle variations in technique cause wild changes in the characteristics of the completed crystal. Sometimes these changes can be useful, but other variants are simply failures, and costly rejects to industry."

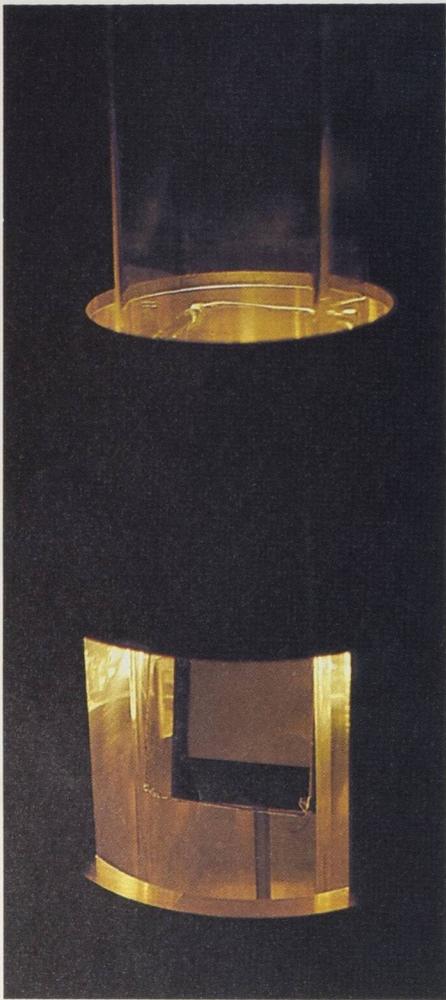
Of the many thin-film techniques that are potentially useful to industry, the NRC research team has so far concentrated on two of them for detailed study. These have the tongue-twisting technical names "magnetron sputtering" and "metalorganic chemical vapour deposition" (or MOCVD).

One of the simplest, oldest — and least reliable — ways of depositing thin films uses a vacuum chamber and heat to vaporize the material to be layered on a substrate. After vaporization, the material simply drifts onto the cooler substrate surface and condenses on it, forming a solid layer. One problem with this vacuum evaporation technique is that the film produced is sometimes lumpy, particularly when compounds rather than elements are used, and often does not stick very well to the substrate surface.

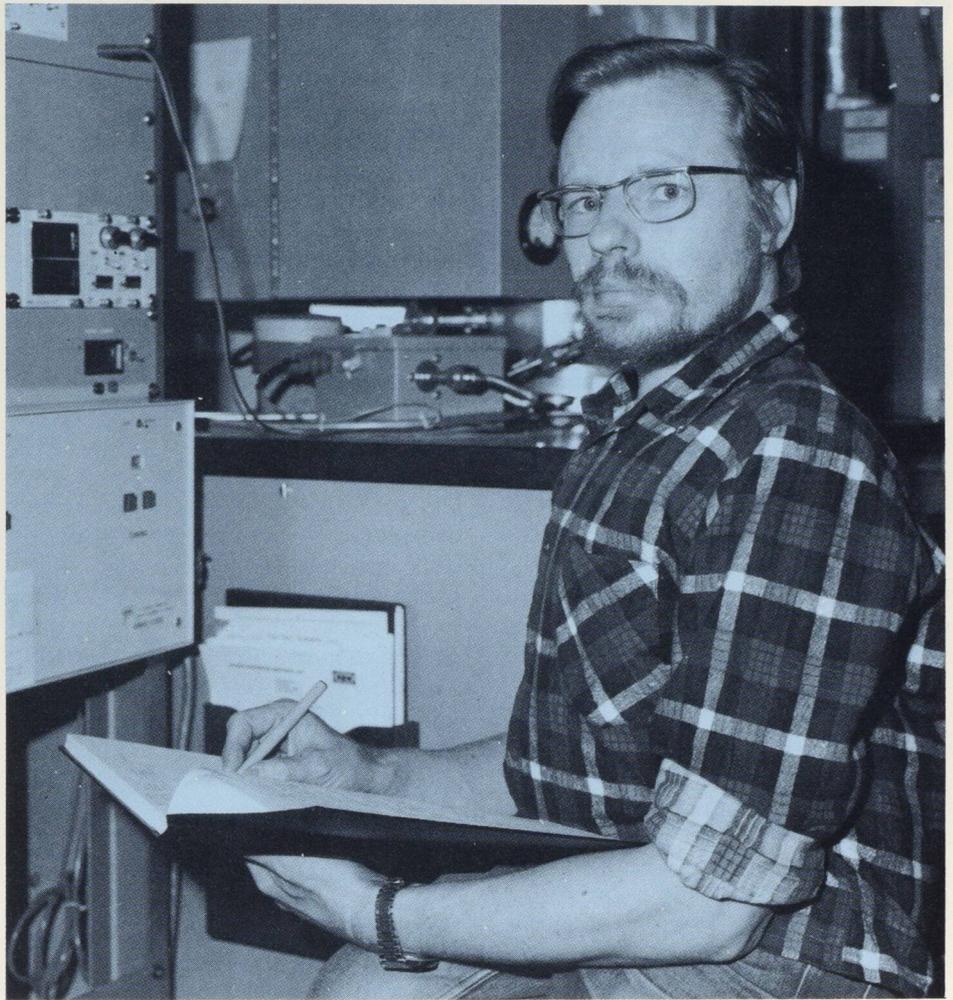
Jim Webb's magnetron sputtering technique, on the other hand, uses an ionized gas rather than heat to get the material for deposit into the gas phase. He starts with a vacuum chamber, in which he has placed a target plate of this material and, facing it, the substrate on which he will lay down his film. He first evacuates the chamber, and lets in a little argon gas, which is thereupon ionized by



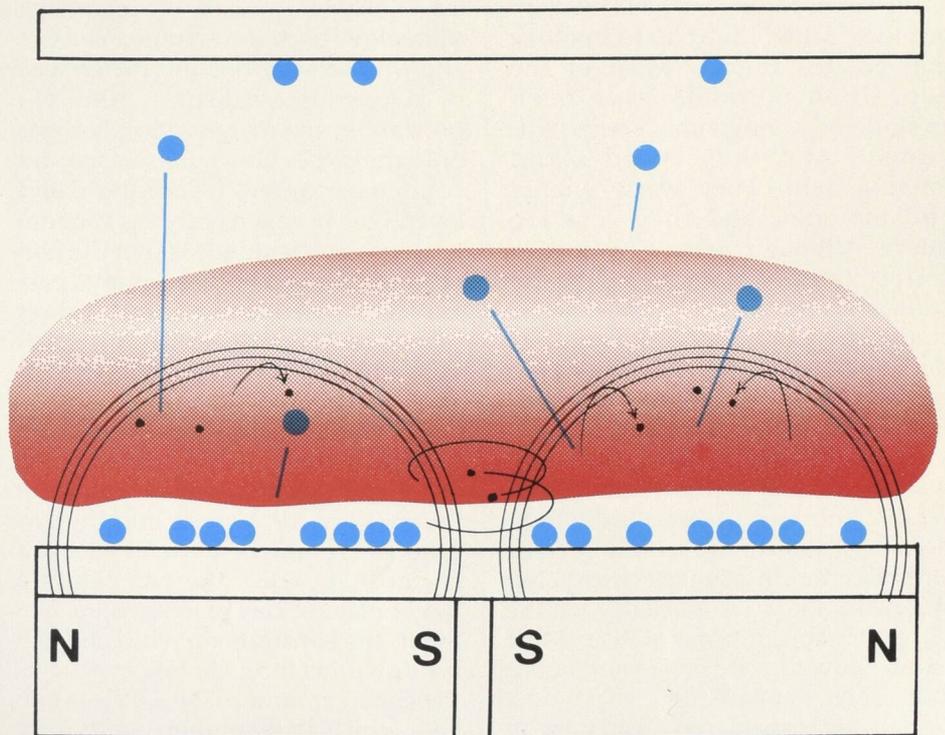
*Digby Williams: "Canadian industry can enjoy significant benefits from the technology we have developed."*



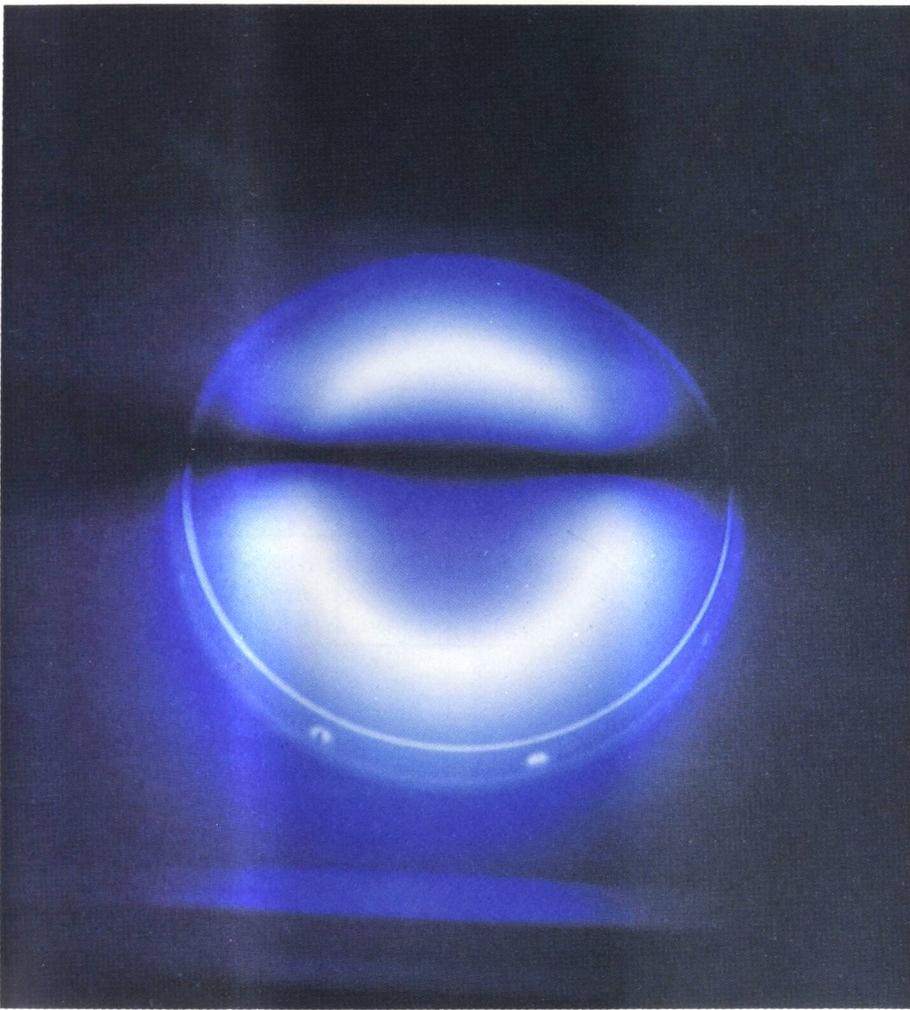
*Metal organic compounds react to form new, special combinations in this chamber. Up to five different compounds may be brought together in this facility.*



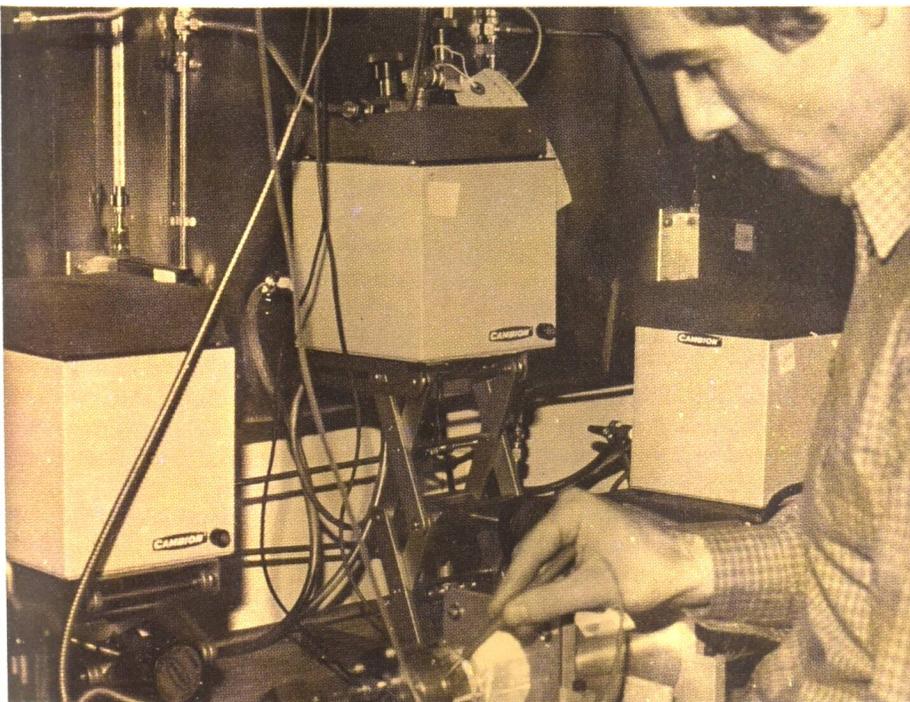
*Jim Webb: "We have improved the methods now in use to make semiconductor materials by making the technology more flexible and by introducing cheaper materials."*



*Magnetron sputtering uses a hot plasma gas to "lift" metal oxide (blue) from a target surface and deposit it in carefully built-up layers on a substrate. High-speed electrons, which can damage layers, are controlled by magnetic fields that capture them.*



Ions glow in the circular magnetic field of a magnetron sputtering chamber used to deposit zinc oxide on a glass base.



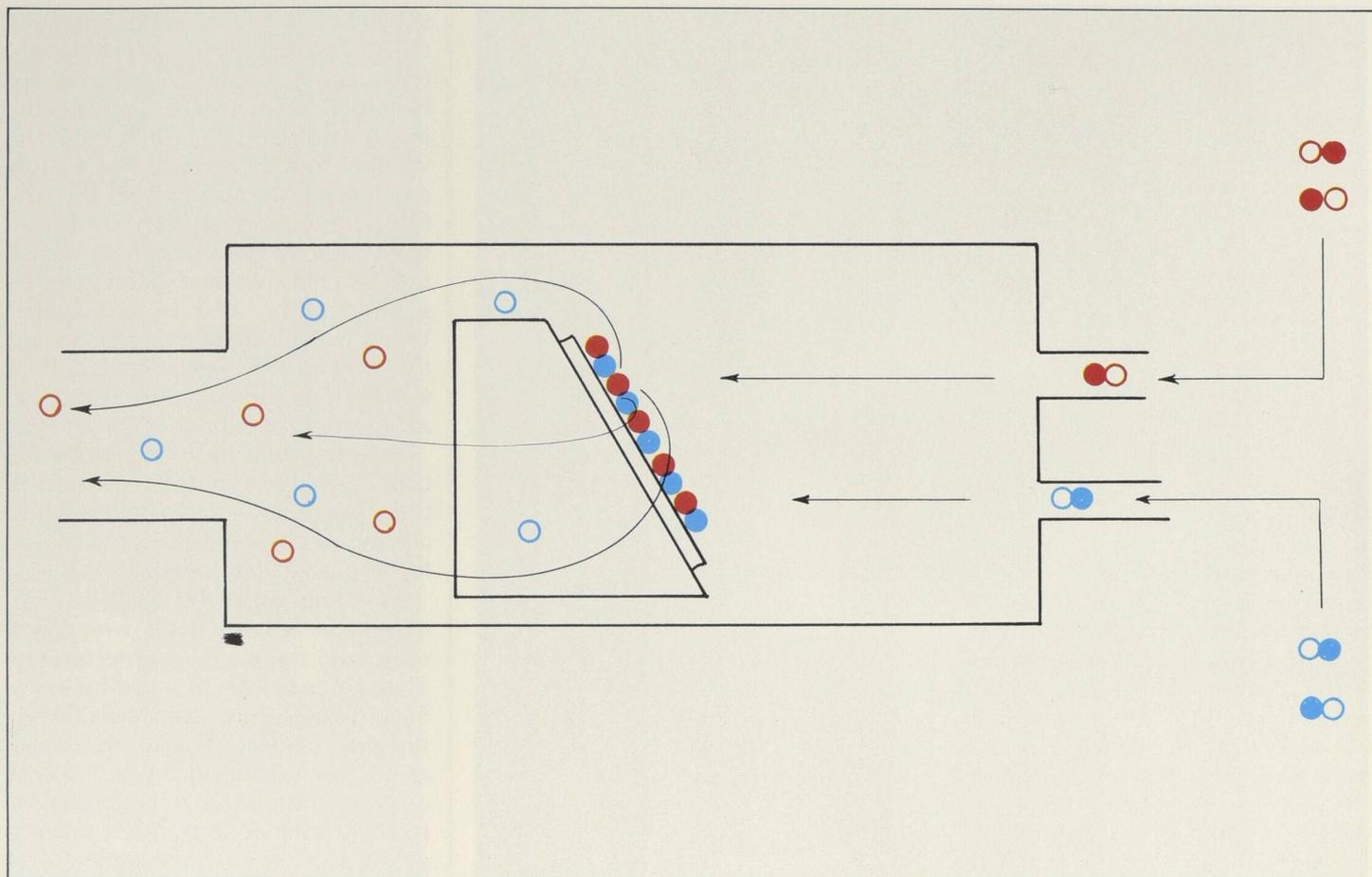
Team member Alain Roth.

subjecting it to an electromagnetic field. The argon ions formed are forced to strike the target, and like billiard balls some of the atoms in the target fly off and diffuse through the vacuum to the substrate; there, they condense to form a film on the surface. The electrons given off during the ionization of the argon could also travel to the substrate, damaging the growing film, and to avoid this, Webb has placed a magnet behind the target; the electrons are thus swept along the magnetic field lines, away from the film.

One important existing industrial use of this magnetron sputtering technique is in the room-temperature coating of chrome films onto plastic for use as car bumpers.

Williams and Webb, however, had other concerns in mind when they examined the magnetron technique. Their interest was to make materials for devices such as solar cells. While unlikely to replace megaprojects such as nuclear reactors or the 'white coal' of James Bay, solar cells do convert sunlight directly into electrical energy, and for certain applications seem the answer to an environmentalist's prayer. The Williams-Webb-Roth group at NRC makes them by depositing metal oxide films of carefully controlled transparency, conductivity, and thickness on a base of silicon material. Their early experiments led them to a somewhat exotic material — indium-tin oxide. By continually monitoring each step in this oxide's deposition, they were able to build one of the thinnest transparent, electrically useful films of its type in existence. Films one ten-thousandth of a millimetre thick proved unique in this material, and industry responded with enquiries. But, however successful a laboratory accomplishment, indium-tin oxide thin films were not enthusiastically embraced by the solar cell industry because of the high cost.

The NRC team then turned to a more readily available material — zinc oxide — and applied the information so meticulously obtained from earlier efforts on other materials. Again, close attention to the effects wrought by small changes in the deposition process brought its reward. The zinc-oxide coating proved both highly transparent and electrically conductive, making it an



*In the MOCVD technique (metal organic chemical vapour deposition) organic metals, such as tri-methyl gallium ( $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ ) and arsine ( $\text{AsH}_3$ ) are brought together to react chemically. The reaction takes place at the surface of the substrate and may include up to five different compounds to produce a particular material. Unwanted compounds and other wastes are exhausted from the reaction chamber.*

excellent candidate for the manufacture of solar cells.

A metallic film only 0.0001 mm thick may seem a thin film indeed, but other techniques exist that can produce even thinner films of equal accuracy. Among these is metalorganic chemical vapour deposition (MOCVD), a technique that Dr. Williams works on with colleague Dr. Alain Roth. To explain this one, it will be easiest to use the example of gallium arsenide, a compound already hailed by some as the next generation of computer chip material. The technique involves bringing compounds of the two elements (gallium and arsenic) together at the substrate surface, where they react chemically to form gallium arsenide. Purified

hydrogen is first bubbled through liquid trimethyl gallium, vaporizing it; this organic form of the metal is then mixed with a vapor form of the arsenic (arsenic hydride) — again delivered by a hydrogen gas carrier — and the two compounds are moved over the heated substrate. Here, a film of gallium arsenide grows as the reaction takes place at the substrate surface.

The substrate temperature, gas composition, pressure, and flow rate are only a few of the factors that need to be carefully controlled for consistent results.

MOCVD can be used to produce such thin films from a wide variety of materials. For example, Roth prepared a zinc oxide film with this approach, which was similar to the films prepared by Webb with the magnetron sputtering technique. Roth's film turned out to be more optically transparent than Webb's, but was not quite as electrically conductive. These differences point up the importance of the preparation technique in determining the properties of thin-film materials. According to Williams, knowing how these processes change the properties of

materials is, in itself, a basis for producing new products in the future.

"The industry is well aware of the work we're doing here," says Williams, "and they're beginning to beat a path to our door for information on methods and materials. Last summer we were able to organize the first Canadian conference on semiconductor technology here in Ottawa, with a gratifying response. This interest and the ensuing information exchange shows promise for the growth of a truly independent Canadian technology in the field: it could lead to a whole new series of products and production methods, not only for domestic markets, but for export as well."

Williams, Webb, and Roth are a small group as these groups generally go, and they are in a field undergoing rapid change. Not only is the range of applications for thin film materials increasing, so too are the technologies that create the films. These deposition techniques take time to perfect, but in the last few years the team has come a considerable distance. Says Webb, "all the answers aren't yet at hand, but we do have some of the critical ones." ☾

# Gas Misers:

## Do they really work?

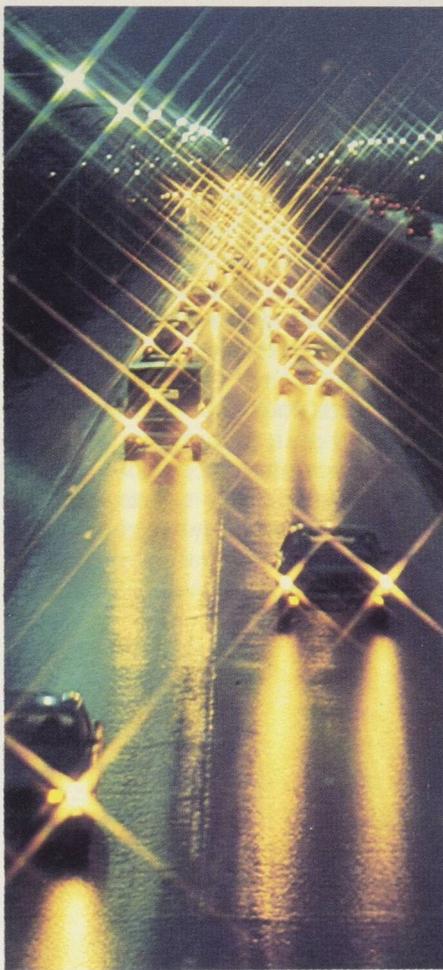
by Michel Brochu

English adaptation: Robert Serré

**A**s a driver, you've probably seen gadgets advertised that simply fit to your carburetor to "reduce gas consumption," "improve engine performance," or "prolong engine life." And other magazine ads might have caught your eye that feature snappy products promising the same fantastic results once you add them to your oil or gas. Too good to be true? According to Martin Friend, a researcher for the Fuels and Lubricants Laboratory at NRC's Division of Mechanical Engineering in Ottawa, you are probably right to feel suspicious about any of these "fuel economy retrofits." Most are simply useless, and some are definitely dangerous to your engine . . . and your wallet.

Over the years, the Laboratory has looked at hundreds of products and additives, and the experts like Friend caution people to be skeptical in this area where fraud against vulnerable consumers is widespread. NRC belongs to a federal interdepartmental committee responsible for analysing the merits of the retrofits that come onto the market ("retrofit," in this case, means a new part added to a car after it has been manufactured). "The basic problem," explains Martin Friend, "is the lack of legislation to cover the sale of retrofits in Canada. Our automobile manufacturers have to comply with a host of laws governing the safety aspects, gas consumption, and exhaust emissions of the cars they build, but as soon as you drive off the lot you are on your own. There are no laws to cover the maintenance of your engine or the additives that you might be tempted to put in your gas or oil."

The consumer's main source of protection, however inadequate,



Canadian Government Photo Centre

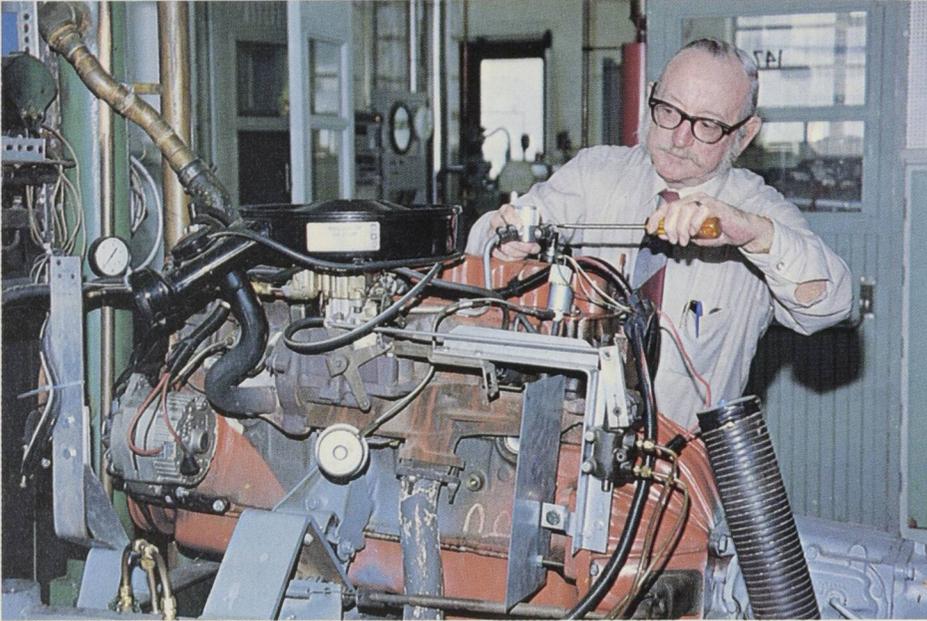
comes from the legislation governing advertising practices. If a manufacturer's ad claims that his product reduces gas consumption by 20 per cent for example, the federal Department of Consumer and Corporate Affairs will have it analyzed. If it can be shown that a manufacturer is using deceptive or false advertising, the Department of Consumer and Corporate Affairs will take legal action to protect consumers. But the manufacturers of engine retrofits are

often inspired by toothpaste ads ("Whitetooth helps fight cavities") or soap ads ("Sweetsmell gives your clothes that spring freshness"), and they make sweeping statements which boil down to nothing, e.g. "helps reduce your gas consumption," or "provides better performance." As a result, consumers are vulnerable because there is no quantitative Canadian standard for engine retrofits. The experts that the government calls on are from a committee that includes the National Research Council, Transport Canada, and Environment Canada.

When a new product is brought to Martin Friend, a quick search through his files will often produce a dozen or more identical items which are simply ineffective. For example, inventors have been trying for decades to produce a supercarburetor that will feed the engines a leaner mixture of gas and air. After years of laboratory testing, Martin Friend has gathered information on hundreds of such engine retrofits that are all equally useless. Like secret agents, these products have a way of resurfacing periodically under a new disguise and a new name.

When Friend and his colleagues need to test a new additive or an unusual product, they carry out a thorough analysis using automobile engines under carefully controlled conditions. A variety of instruments measure and monitor every possible engine parameter, including oil temperature, speed, mechanical loading, and so on. The engine performance levels with and without the product are compared to determine differences, if any.

Naturally, Martin Friend is often asked if he has ever tested a product that really worked. His answer: "We



*Martin Friend prepares to test an automotive add-on device to measure its effect on fuel consumption.*

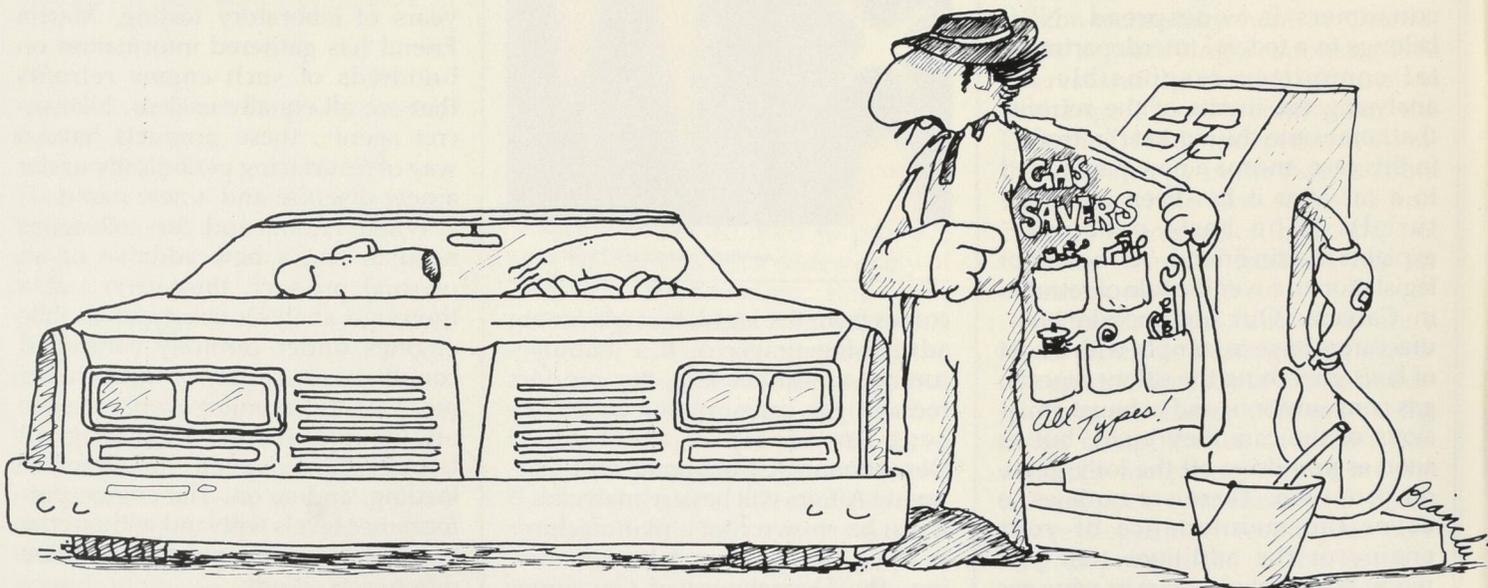
have on occasion tested retrofits which did improve engine performance slightly, but to a lesser degree than was claimed in the advertising literature. I am prepared to admit that there are one or two small changes you could make to reduce your car's gas consumption by 2 or 3 per cent. But, as a driver, you wouldn't notice the improvement because differences in weather or variations in your

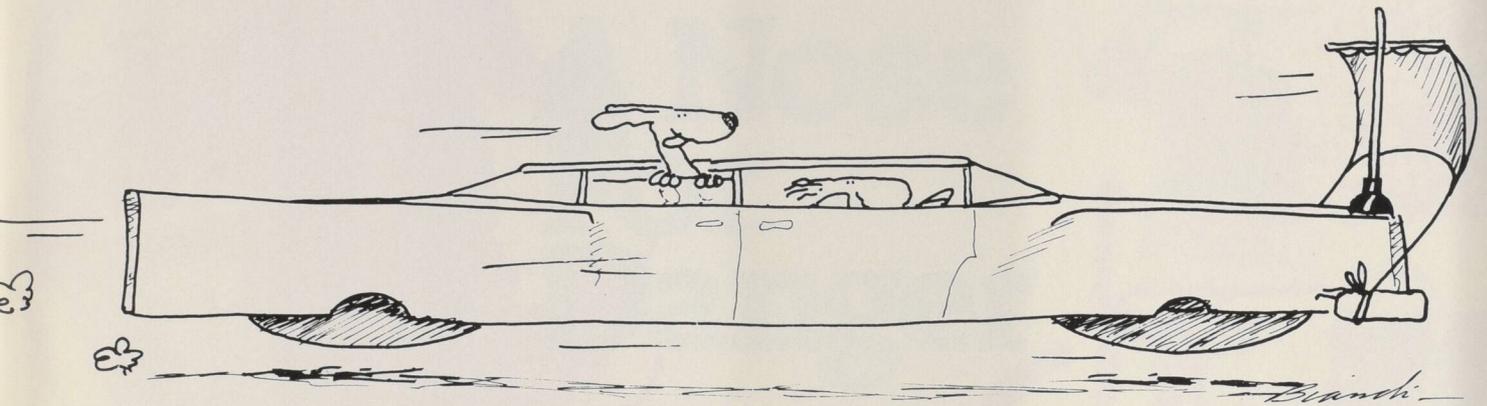
driving habits from one day to the next are enough to change gas consumption by 25 per cent!

"Furthermore, even if a product did reduce your gas consumption by 2 or 3 per cent, it might not necessarily be desirable, since many retrofits have negative side effects, such as carbon buildup in the engine or premature wear. Several products simply make no difference, or even

reduce your engine's performance. For example, your engine normally needs a slightly richer mixture of gas and air for one or two minutes when you start it up. Some inventors fix the carburetor with a gadget that injects more air into the mixture, so that you do save a few drops of gas, but you might also have more trouble starting the engine."

There are a number of myths and rumours in the world of automobiles, and the most persistent one concerns some supercarburetor which cuts gas consumption in half, and which oil companies have bought up and hidden somewhere to maintain their high profits. Many do-it-yourselfers are looking for a magic formula or some simple gadget that will revolutionize the car industry by sharply reducing gas consumption. What they often fail to understand is that today's car engines are the result of a hundred years of intensive research work, and that there is probably no other machine that has given rise to so much effort to improve it. At the beginning of the 20th century, cars were naturally quite primitive, and an inventor was often able to singlehandedly make a breakthrough in engine performance by introducing relatively simple mechanical changes. Today, how-





John Bianchi

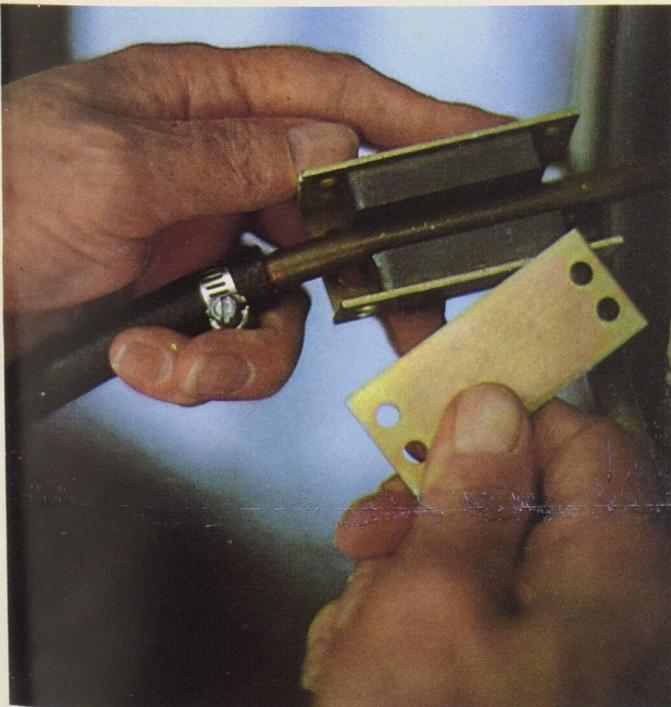
ever, the major automobile manufacturers spend billions of dollars to reduce gas consumption, and it is virtually impossible to improve on what they do simply by pouring some additive into your gas tank or fiddling with your carburetor.

In any case, the advertising campaigns of several retrofit manufacturers often reflect a total lack of knowledge of auto mechanics, and many contain blatant scientific errors. One of Martin Friend's favourite examples concerns engine oil additives which contain particles of Teflon; these particles are meant to cover the inside of your engine with a thin coat of Teflon, and thus reduce friction. However, according to Dupont, the manufacturer, Teflon will not adhere to a metal surface (such as a frying pan)

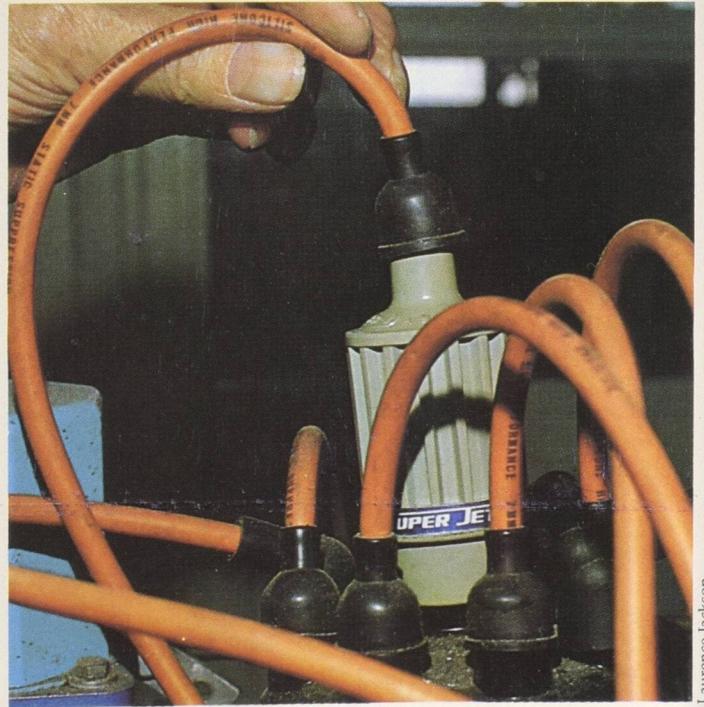
unless all traces of oil and grease have been eliminated!

In recent years, Martin Friend and his colleagues with expertise in auto mechanics have been called dozens of times to act as witnesses in cases involving retrofit manufacturers sued for misleading or false advertising by Consumer and Corporate Affairs Canada. This is a difficult and time-consuming task which requires a lot of correspondence, rigorous testing, and weeks of trial procedures for each case brought to the courts. It is also somewhat marginal in terms of the research priorities of the Fuels and Lubricants Laboratory, but the NRC researchers feel an obligation to protect consumers from misleading advertising. After all, few others are qualified to do the job. ☾

What can you do to reduce your car's gas consumption and improve its performance? According to Martin Friend, there is little sense in retrofitting your engine with gas-saving gadgets or wasting your money on "magic" additives to gas or engine oil. The secret of lower gas consumption is quite simple: regular maintenance, tuneups and oil changes as recommended by car manufacturers, drive at moderate speeds, avoid sharp acceleration, and maintain the recommended air pressure in your tires.



This phony fuel-saving gadget uses a pair of magnets disposed over a car's fuel line, which supposedly "rearranges" the molecules of the fuel.



This tan-coloured device allegedly provides a "fatter" spark at the spark plugs. Martin Friend dismisses it as worthless.

# A Nose For Danger

by Margaret Shibley Simmons



John Bianchi

**S**tanding by the cabin exhaust port of an idling DC-9, a man holds an air-sampling device in one hand. When he comes away from the plane, he takes a small metal cartridge from the sampler and inserts it into an analyser the size of an overnight case. Within a few minutes he has results — there are definitely explosives aboard. Sure enough, further inspection locates a single stick of dynamite resting under one of the seats in the plane.

Fantastic? Well not quite. Machines similar to this have been on the market for some time. What is new is its size — existing models are much larger, some requiring a truck — and the sensitivity — it's far better than anything else available. Imagine the uses of such a device, especially in a world increasingly burdened with hijackers and terrorists. By sampling the breezes in a building's air-conditioning system, police can tell whether a bomb scare was generated by a crank or by someone who has planted the real thing. Managers of buildings under continual security risk could use a permanent sniffer to monitor the air at all entrances.

The need for such an explosives sniffer arose in the early 1970's when hijackings were endemic in the airline industry; at the time, NRC's Committee on Aviation Safety wanted to know if a technique called gas chromatography could be used in sniffing explosives. Dr. Lorne Elias of the National Aeronautical Establishment (a Division of NRC) had already used gas chromatography to successfully monitor pesticides carried away in the atmosphere during aircraft spray operations by the Canadian forestry industry.

After several years of laboratory development and bench testing Dr. Elias and his colleagues in NAE's Unsteady Aerodynamics Laboratory produced a laboratory prototype. They devised some novel sampling and analysis techniques that gave the sniffer the ability to detect substances at levels below one part per trillion and yet kept it remarkably portable. The hand-held portion draws air through a cartridge which filters out the telltale traces of bomb vapours in the air. The cartridge is then carried away (from the plane, in our opening scenario) and connected to the analyser, a specially adapted gas chromatograph (GC). The GC separates and senses the explosives' vapours of interest from the myriad of other odours and vapours also present in the air sample; as well, it measures the amount of each vapour. All this is done in a matter of minutes. When the instrument was field tested by NRC and Transport Canada, it produced excellent results.

Today, both Transport Canada and the Canadian law enforcement community are very interested in the instrument and its ability to detect bombs. As a consequence, the Public Safety Project Office of NAE decided to build six prototypes to gather valuable field data for a commercial version. The Model Shops in NRC's Division of Electrical Engineering repackaged the sniffer into an even smaller volume, and a digital microprocessor (an integral part of the system) was designed and built by Carleton University's Science Workshop. The six sniffers are currently being readied for field testing and several proposals have been received from Canadian companies to manufacture the sniffers for sale. ☺

# Distant Early Warning Protein

by Bill Atkinson

## Part 1: A new protein associated with cancer



ONCOMODULIN EH ?

John MacManus

**N**RC research workers have found a previously undiscovered protein that seems associated only with cancer.

Like most research, this new work builds on old. For some years, NRC's Cell Physiology group has investigated *calmodulin*, a protein which may be the master switch of life. Calmodulin (the word means "calcium governor") is found in every cell more complex than a bacterium; it binds calcium ions at built-in receptor sites to "turn on" everything from enzymes to the replication of DNA. When NRC scientists detected especially high levels of calmodulin in cancer cells, then, they naturally wondered whether a normal cell turned cancerous because its calcium-calmodulin switch was stuck at "on." But in pursuing this, Cell Physiology stumbled onto something entirely new. Here is Dr. John MacManus, the man responsible for the recent work:

*Fittingly (given its discovery in the Ottawa Laboratories of NRC), the oncomodulin molecule conforms almost perfectly to the outline of the leaf on the Canadian flag. MacManus: "I've stopped showing this in the U.S. because they always ask me about oncomodulin B."*

"The cancer cells that we examined three and a half years ago were full of receptor sites for the calcium ion, so at first we assumed these sites were all on calmodulin. Many of them are. But to our astonishment, we also found a wholly new calcium-binding protein, one apparently unique to the transformed cell. My boss Jim Whitfield called it *oncomodulin*, which means "a governor from tumours," and it's dealt us surprise after surprise."

The first surprise was oncomodulin's existence. Calmodulin appears in cells as diverse as horse, man, seapansy, and spinach. But oncomodulin turned up only in the tumours and blood of rats with cancer. After

NRC's molecular genetics laboratory had laboriously sequenced rat oncomodulin to find the type and arrangement of the amino acids that composed it, more surprises emerged (see pt. 2, *The sequencing of oncomodulin*). The new cancer protein was neither precursor nor derivative of calmodulin, but a wholly new member of the same family. Calmodulin activated enzymes that oncomodulin did not, but there were other enzymes that both activated. At this point the NRC researchers wondered: Might oncomodulin be unique and universal to every cancer cell? Was this the long-sought "red flag" that signalled cancer's presence?

Here the surprise was negative: MacManus' co-workers did not find oncomodulin in every tumour they examined. But the correlation was 85 per cent, high enough to cause a ripple of interest in the cancer community. As a result, the U.S. National Institute of Health has now donated several hundred thousand dollars to support further oncomodulin research at NRC.

If oncomodulin is unlike calmodulin, what substances does it resemble? "Oddly, rat oncomodulin is quite homogeneous with polypeptides one sees in primitive fish such as coelocanth," MacManus says. "In fact, it's more like a fish muscle protein than a mammalian one."

Other surprises accumulated as work progressed. Dead-accurate biochemical techniques have recently identified an oncomodulin similar to rat oncomodulin in human tumours; the same methods still fail to find it in any normal rat or human cell. But finding is not collecting, and MacManus' group has yet to scrape together enough human oncomodulin for a sequencing of its own: "We'll probably have to leave that to another lab."

According to MacManus, three things make oncomodulin so intriguing. "First, it appears in tumours whatever their cause — virus, chemical, spontaneous. Second, it's independent of a tumour's location: you can find it in cancers of the bowel, liver, muscle, or lung. It isn't universal, true, but it's as close to universal as any cancer protein yet found, so it must be doing *something* for the tumours that possess it. I think it

must somehow enlarge the potential response of a tumour; it must make a tumour more *adaptable*."

Which brings us to the third thing, a quality of practical application rather than of basic research. A recognizable protein that displays an 85 per cent correlation with any tumour anywhere in the body has enormous potential as a clinical warning signal. This could be useful in at least two ways: in animal tests for carcinogenicity, and in cancer diagnosis for humans. Animals serve man in many ways, but none more usefully than in rating substances as cancer-causing or not. Currently, however, it takes years (and much grinding of statistics) to demonstrate a link between a chemical such as PCB and elevated cancer rates. Any early warning signal showing which animals had developed carcinomas before standard examination methods could do so might save months of time and, over many tests, many millions of dollars. Similar arguments apply to human cancer diagnosis, with the added benefit of saving lives.

Accordingly, MacManus' insular world has recently been turned upside down by a small invasion from the Canadian pharmaceutical industry. "Every researcher dreams of a practical discovery that attracts this kind of attention," MacManus says, "but I'll be just as happy if my first experience of it is also my last. I prefer to work in productive obscurity." Such a state could be some time away: American firms are now showing interest as well. Contacts with industry, according to MacManus, force the pure researcher to begin thinking in strange new ways, in which the application of facts looms larger than the facts themselves. Obviously, MacManus prefers the laboratory to the conference room.

What might future lab results reveal about oncomodulin? MacManus, like most scientists, stresses that nature must have the final say; but a few things now seem likely. Current theories consider cancer the abnormal expression of normal genes, so that no cancer cell can manufacture anything that a normal cell would not need sometime in its life. Cancer, however, has (in this view) lost sight of what's appro-



*Drs. John MacManus and Linda Brewer, the Canadian research assistant provided by a grant from the U.S. National Institute of Health. This team is now at work to see if oncomodulin appears in normal muscle cells in fetal rats.*

priate, and makes proper substances at improper times — endlessly. Some of these ill-timed proteins seem to arise naturally during development of the fetus. Cancer might thus employ techniques (such as ultra-rapid cell proliferation) that were useful in the womb, yet deadly in the adult form. For this reason, MacManus' team will look for oncomodulin in the tissues of fetal rats, and "should have results by the end of this year."

Whether or not its natural origin is fetal, oncomodulin may have something to do with the single most dreaded trait of the cancer cell: its ability to metastase. A tumour is one thing; cancer would be quite deadly enough if it remained where it began. But in most kinds of cancer, stray cells split off from the main tumour and begin secondary tumours elsewhere in the body. This horrifying trait, called metastasis, is implicated in most cancer deaths.

Although normal cells almost always need a surface to grow on, cancer cells can survive free of such a substrate. Distending themselves like invaders of another species, they squeeze between the cells of the body's blood vessels and ride the circulatory system till they somehow sense a tissue they prefer. Then they distend themselves a second time to leave the bloodstream and burrow into the lung, brain, or breast to start a daughter tumour. How or why they do this, no one knows.

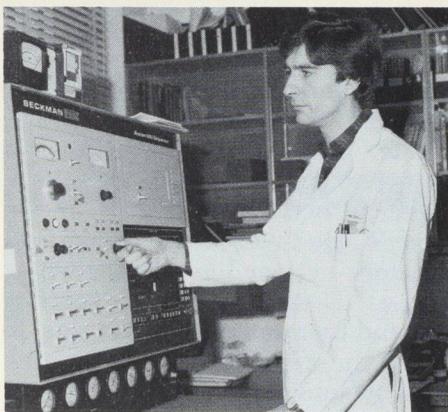
"We do know that cancer cells are so disruptive because during metastasis they fit through tiny crevices at will," MacManus says. "Such a property in turn depends on their ability to modify their cytoskeleton, the rigid structure that normal cells assemble and disassemble by means of calmodulin. So when I get to armchair dreaming, I wonder if oncomodulin, the "calmodulin" of most tumours, isn't a key to the extra-adaptable cytoskeleton of the metastasing cancer cell. If that's the case..."

If that's the case, then the Governor From Tumours is certain to have even more surprises in store.

# Part 2: The sequencing of oncomodulin

**D**ave Watson is a technician working with Dr. Mak Yaquchi in NRC's Molecular Genetics Lab. Beginning in January 1982, he received tiny amounts of a strange new protein that John MacManus *et al.* had found in rat tumours. It was Watson's task to help MacManus determine this protein's "primary structure."

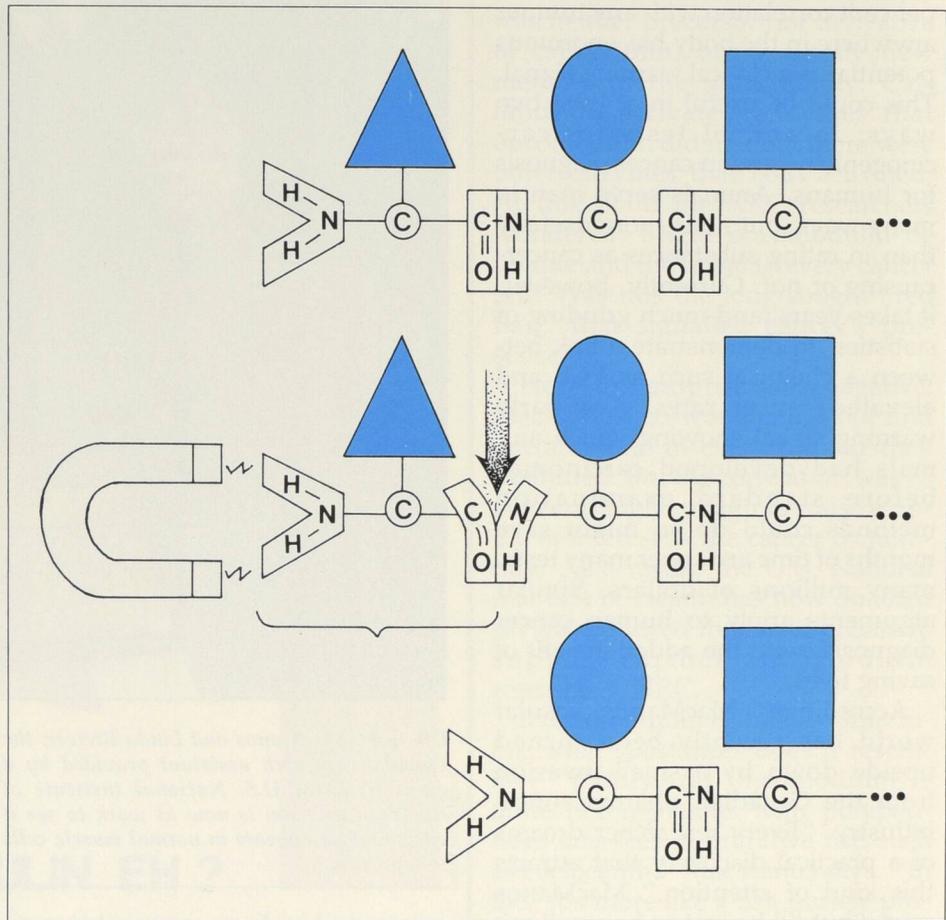
Protein is essential to life as we know it. Proteins make up human hair, cartilage, and muscle; insulin, interferon, and growth hormone all are proteins. All these substances comprise a succession of simpler chemicals called amino acids, linked by identical "peptide bonds" and arranged in a chain. Thus the first step in describing a protein is to find out what the constituent amino acids



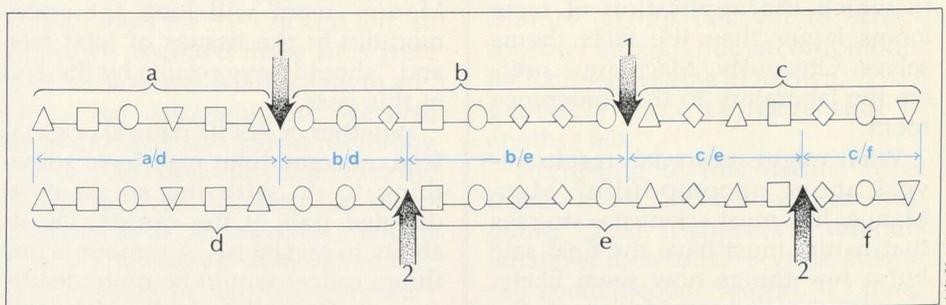
Dave Watson, who sequenced rat oncomodulin from January through December of 1982.

are, and in what order they occur. This is known as "sequencing." Once a protein has been sequenced, there are other methods to describe its kinks and side-chains. But these descriptions all hinge on the "primary structure" of its amino acid sequence.

How is sequencing done? Lab technicians usually begin at one end of the chain and split off one amino acid at a time. They then identify each isolated amino acid with standard tests. They once did this by hand, but now they have computer-controlled machines that undertake



*Protein sequencing: the theory.* All proteins comprise a chain of amino acids (coloured shapes) which may be up to many hundred units long. At one end (left) is  $\text{NH}_2$ , an 'amino group'; at the other  $\text{COOH}$ , a 'carboxyl group' (right). Peptide bonds link the amino acids. In a basic sequencing method called Edman degradation, a reagent called PITC (here represented by a magnet) bonds with the amino group and weakens the peptide bond between the first and second amino acids. A second reagent (arrow) cleaves this weakened bond, freeing the first acid (coloured triangle) for analysis. The process is then repeated in a computerized machine for a string of 30 to 40 amino acids.



*How can you sequence the 108 amino acids in rat oncomodulin when your sequencing machine does only 30-40 amino acids at a time? Answer: you split the whole protein into several fragments with a reagent (#1 arrows) and sequence each fragment. When this is done a second time with another reagent that cleaves the oncomodulin between two different amino acids (#2 arrows), certain sequences in the two sets of fragments will overlap. The overlaps (colour) betray the full sequence by showing how the fragments fit. A third sequencing, using yet another reagent, provides a check.*



the first stages of sequencing automatically, identifying up to 18 amino acids in a nonstop day.

At least, that's the theory. But as a variant of Murphy's Law states, "It's never that easy." Here is the twelve-month saga of the sequencing of oncomodulin, in Dave Watson's own words.

"Guarding one end of most proteins is an amino group,  $\text{NH}_2$ ; the other end sports a carboxyl group,  $\text{COOH}$ . Edman degradation, the usual way of sequencing such a protein, tacks a chemical called PITC onto the amino group. This reaction weakens the peptide bond between the first and second amino acids in the protein chain. A special acid then cleaves this bond and removes amino acid #1 so that we can analyze it. When this occurs, a new  $\text{NH}_2$  group emerges on the second amino acid, allowing the process to be repeated. All this can be done on a machine." (*Graphic A*)

"In practice, however, you run into trouble after identifying 30 or 40 amino acids in this way. Side-reactions happen in the machine, and the 'noise' of these eventually obscures the results you want.

"What you do then is break the amino-acid chain into fragments by adding a reagent (a chemical or enzyme) that splits the peptide bond between two specific amino acids. Each of these fragments then has its own amino-acid sequence, bounded like its 'parent' by an  $\text{NH}_2$  group on one end and a carboxyl group on the other. We can sequence these fragments one at a time — provided, of course, that chance has favoured us and no chain is more than 30 or 40 amino acids long!

"This partial sequencing must be repeated; otherwise we'd have several sequenced chains and no way of knowing how they linked up. What we do is use a second reagent that breaks the complete chain between different amino acids than those broken by the first cleavage. After we sequence this second set of fragments, we can see where their amino-acid sequences match those from the first fragment set. We call it 'overlap'; a third cleavage with yet another reagent provides a check.

"So far, that's all straightforward. But oncomodulin proved especially tough to crack. For one thing, the initial  $\text{NH}_2$  amino group had an *n*-acetyl group tacked on to it, making classical Edman degradation impossible: the PITC simply would not bond. We had to split up the oncomodulin into a series of smaller fragments, then isolate and sequence each fragment by Edman degradation. And even then, the  $\text{NH}_2$ -terminal fragment containing the *n*-acetyl block gave us trouble. We had to sequence this, which contained oncomodulin's first three amino acids, last of all — and we had to go in from the carboxyl end.

"There are 108 amino acids altogether in rat oncomodulin. We did the first 105 in ten months, and took a full two months more to figure out the last three amino acids. That last trio was seven times the headache that the others were!"

**Business  
Reply Mail**

No postage stamp  
necessary if mailed  
in Canada

Postage will be paid by

National Research  
Council Canada

**OTTAWA  
CANADA  
K1A 9Z9**

CUT

FOLD OUT

1983/3

**ORDER FORM**

<input type="checkbox"/>	I wish to receive <b>Science Dimension</b> in English	<input type="checkbox"/>	Je préfère recevoir <b>Dimension Science</b> en français
<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"/>	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:		Ne plus envoyer	
<input type="checkbox"/>	all publications	<input type="checkbox"/>	vos publications
<input type="checkbox"/>	this publication	<input type="checkbox"/>	cette publication

NAME / NOM

TITLE / TITRE

ORGANIZATION / ORGANISME

STREET / RUE

CITY / VILLE

PROVINCE

POSTAL CODE

POSTAL

COUNTRY/PAYS

Canada

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

# DIMENSION SCIENCE

1983/3

---

**PUCES POUR  
DEMAIN**

---

**PLUIES DE MÉTHANE**

---

**ÉCONOMISEURS  
D'ESSENCE**

---

**SOS DE  
L'ÈRE SPATIALE**

---

**FLAIRER LE DANGER**

---



## Écrivez-nous...

Par le passé, la communication entre *Science Dimension* (maintenant *Dimension Science* en français) et ses lecteurs était largement à sens unique. Nous rédigeons les articles scientifiques et vous les lisez — du moins nous l'espérons.

Aujourd'hui, nous vous invitons à nous écrire chaque fois que l'un ou l'autre des aspects de notre revue vous aura intrigué, dérangé ou déconcerté (tout motif qui vous incite à nous écrire est valable). Les rédacteurs de revues scientifiques savent combien les lettres des lecteurs sont importantes pour une publication. Si les articles scientifiques constituent le cerveau d'une revue, ces lettres en sont sûrement le cœur. Eric Shrier, rédacteur à la revue américaine *Science 83*, cite une étude récente qui indique que la moitié de ses lecteurs lit d'abord la partie réservée à la correspondance. Michael Kenward, rédacteur en chef de la revue britannique *new scientist*, déclare que c'est l'une des plus importantes sections de la revue. L'expérience leur a enseigné que cette correspondance est un indicateur fiable de la santé d'une revue.

Alors, écrivez-nous. Nous ne pouvons promettre de publier toutes les lettres reçues mais nous répondrons à chacune. C'est un bien faible prix à payer pour une greffe de cœur.

Le rédacteur en chef

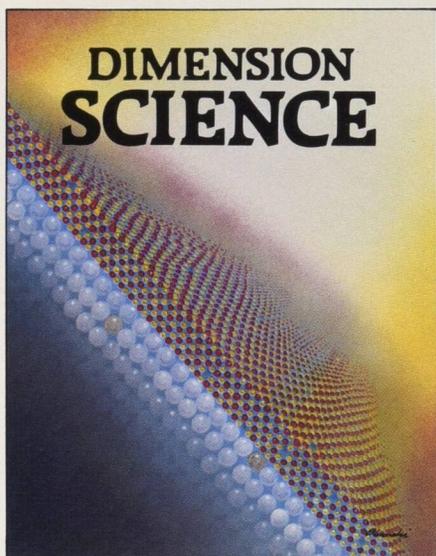


# DIMENSION SCIENCE

VOLUME 15, NO 3, 1983

Rédacteur en chef Michel Brochu  
Administrateur Margaret Shibley Simmons  
Coordonnateur de l'impression Robert Rickerd  
Photographe Bruce Kane  
Conception graphique Acart Graphic Services Inc.  
Production graphique Carisse Graphic Design  
Imprimé au Canada par Imprimerie Beauregard Ltée

31159-2-1019



**Notre couverture:**

Les piles qui servent à convertir l'énergie solaire en électricité, c'est-à-dire les piles photovoltaïques, ne représentent qu'une application du fruit de la recherche sur les couches minces. Cette illustration par John Bianchi, montrant une couche mince d'oxyde de zinc (zinc en jaune, oxygène en rouge) sur un support de silicium (en blanc), permet de visualiser les principales caractéristiques de ce type de piles. La couche mince d'oxyde de zinc est transparente et comporte des "trous", d'où l'oxygène est absent, tandis que le support de silicium absorbe graduellement la lumière et contient des impuretés de bore (en gris). Ces "imperfections" sont intentionnelles et permettent au courant électrique de passer entre les couches (c'est ce que l'on appelle, en langage technique, le "dopage"). Un tel dispositif permet de transformer la lumière du soleil en énergie électrique. (En fait, la couche d'oxyde de zinc est beaucoup plus épaisse que ne le laisse paraître l'illustration, puisqu'elle peut comprendre jusqu'à 80 couches atomiques, et les couches superficielles du support de silicium n'absorbent que très peu de lumière.) Voir article page 18.

---

Capsules 4

---

Le SOS de l'ère spatiale 9  
Recherche et sauvetage par satellite

---

Prévisions: 12  
vents forts et pluies de méthane

---

Un messager électronique 14

---

Des cerises et des hommes 16

---

Les microplaquettes de l'avenir 18  
Des cristaux aux propriétés uniques

---

Les économiseurs d'essence 23  
Un attrape-nigaud?

---

Il flaire le danger 27

---

Un régulateur d'origine tumorale 28

---

La revue *Dimension Science* est publiée six fois l'an par le Service de l'information et des relations publiques 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 rédacteur en chef, *Dimension Science*, CNRC, Ottawa (Ontario), Canada, K1A 0R6. Téléphone: (613) 993-3045. Cité dans l'Index de périodiques canadiens. Cette publication est également disponible sous forme de microcopies.

This publication is also available in English, under the name *Science Dimension*. ISSN 0715-7509

# Capsules

## Des amours contrariées

Le long de la partie sud de la rivière Saskatchewan, près de Saskatoon, se trouve une étendue de terrain boisé de 10 km de long qui décourage les élans amoureux de la mite de la livrée des forêts. Si pour une raison quelconque les mâles de l'espèce semblent incapables de trouver l'élue de leur cœur il faut dire que les scientifiques du Laboratoire régional des Prairies du CNRC y sont pour quelque chose.

La livrée des forêts (c'est le nom de cette chenille) est une incroyable destructrice d'arbres de bois dur d'Amérique du Nord. Dans les zones urbaines et de villégiature, les invasions de ces chenilles étaient traditionnellement maintenues en échec par l'épandage d'insecticides, technique controversée dont les effets ne se limitent malheureusement pas à ces seuls insectes. Pour contourner le problème et réduire la population des chenilles, les scientifiques de Saskatoon tirent parti du comportement sexuel des mites adultes.

À la saison des amours, c'est-à-dire au milieu de l'été, les mites femelles libèrent un mélange de substances chimiques qui constituent ce qu'on appelle une phéromone et dont les mâles se servent pour les localiser. À mesure que la concentration atmosphérique de cette phéromone augmente, le mâle sait qu'il s'approche graduellement du but. Les phéromones secrétées par les femelles d'une espèce donnée n'attirent que les mâles de cette espèce, ce qui en fait une substance attractive hautement sélective. C'est donc cette phéromone particulière que Mel Chisholm, Pachagounder Palaniswamy et Ted Underhill utilisent pour dérouter les mites mâles. Ils ont commencé par isoler et analyser la phéromone en laboratoire avant d'en faire la synthèse. Ils découvrirent par la suite au cours d'essais in situ qu'il suffit de n'en libérer qu'une petite quantité dans l'atmosphère pour embrouiller complètement les mâles. Se trouvant dans une atmosphère totalement exempte de gradient d'odeur, les mâles sont irrémé-

diablement désorientés et ne parviennent à localiser les femelles que par pur hasard... s'ils ont de la chance!

Le laboratoire de Saskatoon est parvenu à isoler, analyser et à synthétiser un grand nombre de phéromones et celle dont nous venons de parler n'est que l'une d'entre elles.

## Un gringalet subnucléaire

Avec la découverte récente de la particule subnucléaire "W", les physiciens détiennent peut-être maintenant la clé qui leur permettra de comprendre la nature des forces fondamentales qui régissent l'univers. En effet, la particule W, qui a déjoué les efforts des chercheurs pendant près d'un demi-siècle, correspond, croit-on, à la "force faible", l'une des quatre forces fondamentales de la nature responsable de la désintégration radioactive. La découverte de cette particule par une équipe de scientifiques européens et américains travaillant à l'Organisation européenne pour les recherches nucléaires (CERN) apporte ce qui constitue jusqu'ici le meilleur argument en faveur des théories selon lesquelles deux de ces forces, l'électromagnétisme et l'interaction faible, ne seraient que des manifestations différentes d'un même phénomène.

Selon les physiciens, quatre forces fondamentales assurent la cohésion de l'univers: l'électromagnétisme, qui lie les atomes et les molécules; l'interaction nucléaire forte, qui maintient la cohésion du noyau; la gravitation, et l'interaction nucléaire faible. Depuis la publication des fameux travaux de Hideki Yukawa, en 1935, les scientifiques ont émis l'hypothèse que chacune de ces forces était exercée par l'échange d'une particule quelconque. Yukawa a prédit avec succès l'existence des mésons, particules responsables de l'interaction nucléaire forte; il a également prédit qu'à l'interaction nucléaire faible correspondait une particule subnucléaire distincte, que l'on a baptisée particule "W".

Au cours des cinq dernières décennies, les physiciens ont tenté de dé-

tecter la particule W et de confirmer les théories décrivant l'électromagnétisme et l'interaction faible comme deux aspects d'une même force exercée par des particules intermédiaires différentes. Selon ces théories, la force électromagnétique est grande parce qu'elle est exercée par des photons, particules subnucléaires de longue vie et de masse nulle, contrairement à l'interaction nucléaire faible, qui est exercée par des particules W, plus massives et de vie courte. La découverte de la particule W permet non seulement de confirmer ces théories mais elle constitue une étape importante vers la vérification des théories dites "unifiées" qui affirment que toutes les forces fondamentales de la nature ne sont que des aspects différents d'une même force.

La particule W a été détectée lors d'expériences effectuées dans l'accélérateur de particules géant du CERN. Ce tunnel circulaire de 6,4 km, situé au nord de Genève, permet d'accélérer des milliards de protons (qui forment, avec les neutrons, les noyaux atomiques) et de les faire entrer en collision avec un faisceau d'antiprotons, leurs jumeaux d'antimatière. Lorsque les protons et les antiprotons se heurtent, ils engendrent un grand faisceau d'énergie, projetant une gerbe de particules subnucléaires.

Ces particules sont trop petites et leur vie est trop courte pour qu'elles puissent être observées au microscope mais elles laissent des traces qui peuvent être détectées grâce à un système perfectionné. Leur énergie, leur masse et d'autres caractéristiques peuvent être calculées à partir de la courbe de leur trajectoire dans le champ magnétique et leur comportement dans le détecteur. Après avoir examiné les traces d'environ un million de collisions, l'équipe du CERN a identifié six collisions qui confirment l'existence d'une particule répondant au signalement de la particule W.

Dans les quatre prochains mois, les chercheurs du CERN poursuivront leurs expériences dans l'espoir de pouvoir valider leur découverte initiale. Ils espèrent également recueillir la preuve de l'existence de la particule Z, homologue légèrement plus lourde de la particule W et qui ne possède aucune charge.

Les physiciens attendent avec impatience la mise en service d'un nou-

vel accélérateur de particules encore plus puissant qui sera construit à côté de l'accélérateur du CERN d'ici cinq ans. De dimensions imposantes (27 km de circonférence), le nouvel accélérateur leur permettra d'accélérer des électrons et des positrons (antiélectrons) à des vitesses plus grandes que toutes celles atteintes jusqu'ici, provoquant des collisions avec une énergie suffisante pour dissocier les particules W et Z du noyau.

Le Conseil national de recherches jouera un rôle important dans ce projet. En collaboration avec l'Université Carleton, la section de physique des hautes énergies du CNRC fabriquera les pièces du système de détection perfectionné qui sera utilisé pour l'étude des particules. Selon un physicien de l'Université Carleton, Robert Carnegie, le CNRC et l'université ont été choisis pour ce projet en raison des quinze années d'expérience qu'ils possèdent dans la fabrication d'instruments de détection extrêmement précis pour les laboratoires de physique des hautes énergies du monde entier. La "chambre de projection temporelle", mise au point par la section de physique des hautes énergies du CNRC et actuellement en service au laboratoire TRIUMF de Vancouver, en est un exemple récent.

## Des fantômes électromagnétiques

Des portes de garage s'ouvrent et se ferment toutes seules, des ordinateurs s'affolent et l'information contenue dans des machines de traitement de textes disparaît mystérieusement.

Non, nous ne sommes pas en présence de fantômes modernes ayant un penchant pour l'électronique. Ces phénomènes étranges sont causés par les ondes électromagnétiques qui envahissent de plus en plus notre environnement.

Les émetteurs radio, les fours à micro-ondes, les tours d'émetteurs et même les calculatrices électroniques sont en accusation. Pour remédier au problème, des chercheurs de la Division de génie électrique du Conseil national de recherches collaborent avec l'Association canadienne de normalisation (ACNOR) en vue d'établir des normes d'application volontaire à l'intention des fabricants d'appareils électriques.

Fred Hunt, Satish Kashyap, William Lavrench, Shantu Mishra et Alex Stone, ingénieurs au CNRC, ont conçu une chambre spéciale qui permet à la fois d'étudier les effets des ondes radio sur différents appareils électriques et de mesurer les ondes émises par ces appareils. Sorte de cage grillagée, la chambre a un volume de 3 m<sup>3</sup> et se termine en pointe aux deux extrémités; elle est entièrement recouverte d'un blindage en cuivre qui bloque les interférences des ondes radio de l'extérieur. À l'une des extrémités, un générateur de signaux émet un champ d'ondes radio de fréquences précises qui arrose la chambre d'essai; à l'autre extrémité, un absorbeur de fréquences radio mesure l'énergie qui n'a pas été absorbée par l'appareil mis à l'essai.

La chambre a été construite l'été dernier par l'équipe du CNRC et l'on vient tout juste d'en terminer l'étalonnage, c'est-à-dire que l'on a vérifié que les champs produits correspondent bien aux champs théoriques.

Divers types de récepteurs d'usage courant, comme les téléviseurs et les appareils radio, sont actuellement mis à l'essai dans la chambre et font l'objet d'un monitoring constant. Il est également prévu d'étudier les interférences produites par les appareils faisant appel aux nouvelles technologies, comme les ordinateurs domestiques.

La chambre permet d'effectuer des essais en partant des plus basses fréquences possibles jusqu'à celles d'environ 60 MHz. Aux fréquences plus élevées, les ondes deviennent aléatoires et leur comportement est imprévisible, de sorte qu'il faudra une chambre spéciale qui n'est pas encore construite.

En plus d'aider l'ACNOR à établir des normes pour les fabricants d'appareils électriques, ces essais contribueront à faire avancer la recherche dans ce domaine grâce à la mise au point de nouveaux instruments et méthodes d'essais. La chambre a déjà été utilisée pour l'étalonnage d'antennes et de sondes servant à mesurer les champs électromagnétiques.

## Du nouveau chez les graisses brunes

On croit généralement que l'obésité est causée par l'excès alimentaire et le manque d'exercice. Des

investigations récentes sur des rats et des souris semblent toutefois indiquer qu'un tissu appelé "graisse brune" pourrait contribuer à maintenir le poids en deçà de certaines limites, jouant un rôle comparable à celui du mécanisme qui règle la température de l'organisme.

Il y a quelques années, le Dr David Foster, du CNRC, a montré que des rats exposés au froid maintenaient leur température corporelle non pas en frissonnant mais grâce à la chaleur produite par leur graisse brune. Ce tissu, présent en petites quantités dans l'organisme, est situé près des organes vitaux du corps, où le maintien de la température est primordial. Des chercheurs, en étudiant des souris génétiquement obèses (et incapables de survivre au froid), ont découvert que la graisse brune de ces animaux présentait des anomalies. D'autres chercheurs ont observé que le volume et l'activité métabolique de ce tissu augmentaient chez les rats à la suite d'un accroissement de la prise alimentaire. Des rats nourris avec des aliments riches en calories n'ont pas pris autant de poids que l'apport calorique l'avait laissé prévoir. De plus, au terme du régime, ils sont revenus plus rapidement à leur poids normal.

Le Dr Foster commente: "Ces tests donnent à penser que la graisse brune joue le même rôle régulateur chez l'Homme en brûlant les calories excédentaires." Comment y parvient-elle?

Le Dr Foster et ses collègues croient avoir trouvé la réponse. Leur explication repose sur le processus qui permet à la cellule de métaboliser les molécules alimentaires et d'en tirer de l'énergie.

Les hydrates de carbone et les lipides sont normalement dégradés par la cellule pour produire de l'adénosine triphosphate (ATP), laquelle est à son tour utilisée pour activer la cellule. L'ATP est la "monnaie énergétique" qui permet à la cellule de s'acquitter de toutes ses tâches métaboliques. La dégradation des aliments au sein de la cellule est habituellement réglée par le taux d'utilisation de l'ATP. Dans la graisse brune, par contre, une protéine spéciale appelée *thermogénine* dissocie la dégradation des aliments de la production d'ATP, de sorte que la totalité, ou presque, de l'énergie provenant de

l'oxydation des aliments est convertie directement en chaleur. L'oxydation des aliments ne dépend plus, par conséquent, des besoins énergétiques du corps. Les chercheurs croient que l'obésité chez la souris pourrait s'expliquer par une anomalie au niveau de la thermogénine.

D'autres explications ont toutefois été avancées. L'oxydation au sein des cellules de la graisse brune est réglée par le système nerveux sympathique qui commande aux cellules à l'aide d'un messenger chimique, la norépinéphrine. Des protéines dans la membrane cellulaire servent de récepteurs et transmettent au système métabolique de la cellule l'ordre d'amorcer l'oxydation de la graisse pour produire de la chaleur. Ces récepteurs sont de deux types, alpha et bêta. Le Dr Foster a découvert que les récepteurs alpha de la graisse brune modulent la réponse des récepteurs bêta, qui commandent à la cellule de produire de la chaleur.

"On peut comparer les récepteurs alpha et bêta à la détente d'un fusil et à la pression exercée sur celle-ci", explique Foster. "Les récepteurs bêta représentent la détente et la force qui doit lui être appliquée est déterminée par les récepteurs alpha."

Le Dr Foster ajoute: "Nous avons là une autre possibilité d'anomalie du déclenchement du processus d'oxydation."

Nous reparlerons plus longuement de ces travaux dans un prochain numéro de DIMENSION SCIENCE.

### Des photopiles sur mesure

Malgré les actuels surplus de contrôle, de plus en plus de pays se tournent vers le Soleil comme source d'énergie de remplacement. Au Canada, l'énergie solaire est encore peu utilisée; toutefois, un groupe de chercheurs du Conseil national de recherches, à Ottawa, étudie actuellement les générateurs photovoltaïques (convertissant directement l'énergie solaire en électricité) dans l'espoir de créer un générateur solaire adapté à l'environnement canadien.

Ce groupe est placé sous la direction de John Ayer, de la Division de génie électrique du CNRC. "Jusqu'à tout récemment, les seuls générateurs photovoltaïques de faible puis-

sance disponibles au Canada étaient de fabrication américaine", confie Ayer. "Nous possédons pourtant la compétence nécessaire pour fabriquer nos propres générateurs et nous connaissons nos besoins mieux que quiconque."

Les générateurs de grande puissance, capables de satisfaire aux besoins d'une ville, pourraient être rentables dans certains pays tropicaux. Ils ne conviennent toutefois pas à ceux du Canada, où le Soleil est bas au-dessus de l'horizon pendant une grande partie de l'année. Pourtant, du fait de l'immensité de notre territoire, de nombreuses régions isolées pourraient tirer avantage de la mise au point d'un générateur photovoltaïque adapté au climat canadien.

Le plus grand générateur photovoltaïque du Canada, qui a été construit il y a deux ans près d'Atikokan, dans le nord-ouest de l'Ontario, à 8 km de toute civilisation, en donne la preuve. Mis au point par Ontario Hydro et le CNRC, il fournit un courant continu de 300 W qui sert à alimenter un moniteur de pollution de l'air.

Un autre exemple est le générateur photovoltaïque de faible puissance (50 W), mis au point par le groupe d'Ayer; il sert, entre autres choses, à alimenter des instruments qui mesurent le niveau de la rivière des Outaouais. Auparavant, ces instruments étaient alimentés par un moteur Diesel dont l'entretien nécessitait de nombreux et coûteux déplacements par hélicoptère. Selon Ayer, Environnement Canada prévoit d'utiliser de plus en plus de générateurs photovoltaïques pour alimenter ses stations de contrôle isolées dispersées à travers le Canada.

Le groupe du CNRC effectue également depuis deux ans une étude comparative d'environ trente panneaux photovoltaïques fabriqués par les trois firmes canadiennes et les meilleures firmes américaines en vue d'identifier les panneaux qui conviennent le mieux au climat canadien. Les panneaux, montés sur le toit d'un bâtiment du CNRC, sont exposés au vent, à la pluie, à la neige, au froid et à la chaleur; ils font l'objet d'un monitoring constant grâce à un système informatisé qui mesure et enregistre la puissance délivrée, l'ensoleillement, la température et d'autres facteurs environnementaux.

Le groupe du CNRC étudie également d'autres aspects des générateurs photovoltaïques en vue d'accroître, par exemple, la capacité de stockage des accumulateurs qui emmagasinent l'énergie solaire par temps couvert et d'améliorer l'efficacité des appareils qui convertissent le courant continu délivré par les panneaux solaires en courant alternatif, qui alimente les foyers et établissements canadiens.

Ayer espère qu'à l'exemple des États-Unis le Canada construira des générateurs photovoltaïques couplés à des centrales électriques faisant appel à des sources d'énergies plus traditionnelles. Même si le Canada ne devait utiliser les générateurs photovoltaïques que sur une petite échelle, ces efforts de recherche ne seront pas perdus. "Il existe un marché d'exportation grandissant pour la technologie solaire, particulièrement chez les pays riches en Soleil mais pauvres en sources d'énergie traditionnelles", de conclure Ayer.

### De l'insuline avec de la levure

Piotr Stepien et ses collègues du laboratoire de génétique moléculaire du Conseil national de recherches sont parvenus à produire de la proinsuline à partir de levures. (L'organisme humain se sert de la proinsuline pour fabriquer l'hormone appelée insuline.) Malheureusement les quantités obtenues sont encore insuffisantes pour susciter l'intérêt de l'industrie.

Saran Narang, du CNRC, et les biologistes de l'Université Cornell, aux États-Unis, avaient déjà réussi en partant d'une bactérie (*Escherichia coli*) à créer un gène synthétique de proinsuline humaine. Stepien a décidé d'axer ses travaux sur les levures plutôt que sur les bactéries parce qu'elles présentent moins de risques pour les humains. Contrairement à *E. coli*, on ne les trouve pas dans l'organisme humain et leur toxicité est donc beaucoup plus faible.

Les levures ont d'autres avantages. L'industrie de la fermentation étant très ancienne, les conditions génétiques et de croissance de ces organismes unicellulaires sont bien connues. Les levures sont également des cellules plus évoluées, c'est-à-dire "eucaryotes" (comme le sont

celles des plantes et des animaux qui nous entourent), de sorte que leur aptitude à fabriquer des molécules complexes est plus élevée que celle des bactéries.

Pour que la levure soit en mesure de produire de la proinsuline, le gène de la proinsuline doit être d'abord "présenté" à la cellule de levure. On a recours pour cela aux méthodes de la recombinaison génétique de l'ADN. Schématiquement, un gène codé pour la proinsuline est introduit dans un plasmide qui a été ouvert à l'aide d'une enzyme spéciale. (Notons qu'un plasmide est en fait une boucle d'ADN naturelle qui se trouve à l'intérieur d'une cellule.) Le plasmide ainsi "recombiné" est ensuite replacé dans une cellule. Lorsque la cellule se reproduit, elle reproduit également le plasmide recombiné qui est donc un "clone". L'objectif visé est de forcer également ces cellules à traduire le message du gène étranger pour obtenir la protéine recherchée, en l'occurrence la proinsuline.

Stepien s'est toutefois aperçu que cette méthode présente des problèmes. Les cellules de la levure identifient la protéine comme étant étrangère et la détruisent. Mais si on l'insère dans une substance à laquelle la levure est habituée comme, par exemple, l'enzyme galactokinase, qui est aussi une protéine, la cellule, dupée, l'accepte. Pour réaliser ces protéines hybrides, les chercheurs ont dû commencer par fabriquer un gène hybride, c'est-à-dire un gène de proinsuline introduit dans le gène de la galactokinase.

Il se trouve toutefois que le gène de la proinsuline ne peut pas être fixé à celui de la galactokinase n'importe comment; il faut le placer dans le bon "ordre de lecture". Comparons le gène de la galactokinase à un paragraphe d'un texte et le gène de la proinsuline à une phrase. La "phrase" représentant la proinsuline et que l'on aura placée dans le "paragraphe" de la galactokinase sera intelligible dans la mesure où on aura respecté la ponctuation, c'est-à-dire que les instructions devront être suffisamment claires pour que la lecture "commence" à l'amorce du gène de la proinsuline.

Sachant que le gène de la galactokinase a deux positions où les instructions correspondant à l'ordre de lecture sont facilement accessibles,

Stepien et ses collègues sont parvenus à insérer le gène de proinsuline à chacun de ces sites et à induire la levure à fabriquer de la proinsuline fixée à la protéine galactosidase.

À ce point des travaux, le principal désavantage de cette technique est que son rendement est faible. Bien qu'environ 5% de la quantité totale de protéine contenue dans la bactérie modifiée dans ce but soit de la protéine proinsulinique (la protéine d'insuline est transformée en protéine par la cellule) le rendement des levures est inférieur à 0,01%. Tout ceci signifie qu'un gros travail de laboratoire reste à faire avant d'envisager une production industrielle. En théorie, cette technique de déguisement de la galactokinase devrait permettre d'obtenir 2% de proinsuline et c'est bien l'objectif visé par Stepien.

### Un miroir liquide

Nous sommes en 1909. L'astronome américain R.W. Wood se propose de construire un télescope muni d'un miroir *liquide*! Idée fort ingénieuse proposée par un chercheur du 19<sup>e</sup> siècle en Angleterre et basée sur le principe qui dit que la surface d'un liquide en rotation prend la forme d'une parabole. Malheureusement, la réalisation de ce projet est, à l'époque, trop difficile. Il abandonne.

Quelque 70 ans plus tard, un chercheur de l'Université Laval, le professeur Ermanno Borra, relève à nouveau le défi: construire le premier télescope muni d'un miroir de mercure liquide! La réalisation d'un tel télescope est certes un défi de taille. "Fondamentalement, le concept est bon", affirme le Dr Borra. "Je dois maintenant prouver qu'il est réalisable."

S'il y parvient, la construction de télescopes ayant 10, 20 ou même 30 m de diamètre ne serait pas impossible (aujourd'hui, le plus grand télescope a 6 m de diamètre). Et le coût de télescopes à miroir liquide se comparerait très avantageusement à celui des télescopes traditionnels. Il faudra évidemment résoudre les problèmes d'ingénierie inhérents à un télescope de taille aussi imposante et de conception aussi originale. Mais, selon le Dr Borra, la technologie moderne éliminera ces problèmes qui, à l'époque de Wood, étaient insurmontables.

Pour l'instant, Ermanno Borra vérifie la faisabilité de ce concept sur des miroirs de mercure liquide de petites dimensions. Grâce aux subventions du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG), il a déjà construit des miroirs de 0,5 et de 1 m de diamètre qui répondent aux exigences des télescopes traditionnels. Lorsqu'il aura soumis des miroirs de 1,64 et de 2 m de diamètre aux mêmes essais, il construira un télescope complet avec un miroir de mercure liquide de 6 m de diamètre.

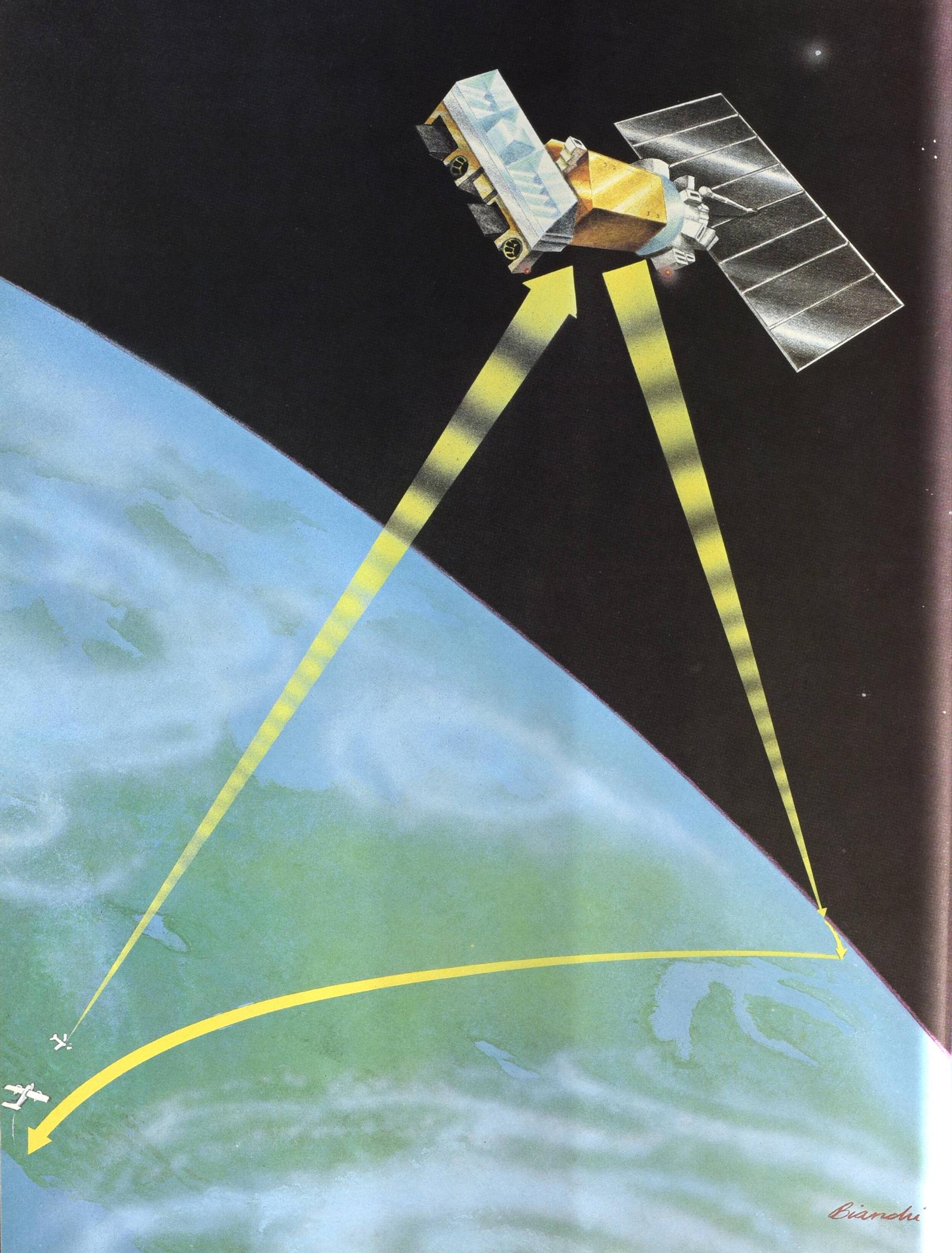
Bien qu'un tel télescope, en raison même de sa conception, ne puisse pointer que vers le zénith (ayant néanmoins une capacité limitée de suivre des objets éloignés), il pourrait être d'une très grande utilité pour certaines observations cosmologiques d'objets très peu lumineux et très lointains. De par sa très grande taille et donc de son pouvoir de résolution exceptionnel, ce télescope porterait le regard de l'homme aux confins de l'univers à la recherche de galaxies éloignées, de supernovae et de quasars.

### Fellow de la Société royale de Londres

Le professeur Pierre Deslongchamps, du Département de chimie de l'Université de Sherbrooke, a été élu en avril dernier Fellow de la Société royale de Londres sur la base de ses travaux en synthèse organique et pour le développement de sa théorie du contrôle stéréoélectronique des réactions chimiques.

Chercheur à l'Université de Sherbrooke depuis 1967, le Pr Deslongchamps a émis l'hypothèse que la disposition spatiale des paires d'électrons dans les liaisons chimiques détermine la marche des réactions et la nature des produits formés. Cette théorie dite stéréoélectronique facilitera l'avancement d'autres travaux de recherche en chimie comme, par exemple, l'étude de l'action enzymatique.

Bénéficiaire de plusieurs prix et bourses, dont le prix Steacie du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) en 1971, et auteur d'un grand nombre de publications, le Pr Deslongchamps est également membre de la Société royale du Canada.



*Bianchi*

# Le SOS de l'ère spatiale

## Recherche et sauvetage par satellite

par Patricia Montreuil

**L**e 9 septembre 1982, un petit avion transportant trois personnes s'écrasait dans une forêt du nord-est de la Colombie-Britannique. Bien que blessés, le pilote et ses passagers purent réparer l'antenne de leur balise (émetteur radio), endommagée par le choc, et envoyer un signal de détresse. On les retrouva moins de 28 heures après l'accident grâce à un satellite soviétique qui avait capté et retransmis le signal!

Ce satellite, appelé COSPAS I, constitue le premier maillon d'un nouveau système international de repérage des avions et navires en difficulté mis à l'essai depuis septembre 1982 par le Canada, les États-Unis, la France et l'Union soviétique. Au cours des prochaines années, ce système devrait permettre de sauver de nombreuses vies humaines et d'économiser des dizaines de millions de dollars en frais de sauvetage. En outre il pourrait ouvrir des marchés très intéressants à une

compagnie canadienne qui fabrique l'un de ses éléments-clés, la station terrienne de réception des signaux de détresse relayés par satellite.

Lorsqu'un avion s'écrase dans une région très isolée du Canada, comme le Grand Nord, le ministère de la Défense nationale doit mettre en branle de coûteuses expéditions de recherche et de sauvetage nécessitant la participation de plusieurs avions et de dizaines de personnes. Le repérage de l'avion en difficulté peut exiger plusieurs jours alors que les chances de survie des blessés se limitent peut-être à quelques heures. Les heures perdues du fait que les avions ou navires ne sont pas immédiatement portés disparus et le temps nécessaire pour organiser une expédition de sauvetage démontrent bien la nécessité de localiser rapidement l'origine des signaux de détresse.

---

*Le satellite relaie le signal de détresse à la station terrienne située près d'Ottawa et les coordonnées du site de l'accident sont transmises automatiquement au Centre de commande de la mission à Trenton (dans l'Ontario). À son tour, le centre alerte le Centre de coordination du sauvetage des Forces armées canadiennes et une équipe de sauvetage part à la recherche de l'avion disparu.*



Depuis le début des années 70, la plupart des avions commerciaux et non commerciaux sont munis de balises qui produisent des signaux de détresse. Le concept, développé par le ministère des Communications, dépend du bon fonctionnement de la balise (voir l'encadré). Malheureusement, l'efficacité de ces balises est limitée par la faible puissance (moins d'un dixième de watt) de leurs signaux qu'on ne peut normalement capter qu'à une distance de 50 à 70 km. Dans les régions accidentées, les montagnes forment une barrière naturelle qui réduit encore davantage la portée des signaux. De plus, les piles de ces balises n'ont qu'une durée de 48 heures. Il se peut donc que le signal cesse avant que l'équipe de sauvetage n'ait le temps de repérer l'avion ou navire en détresse.

On songe depuis le début des années 50 à utiliser des satellites pour une surveillance rapide et routinière des signaux de détresse. Travaillant indépendamment au début, le Canada et les États-Unis unissaient leurs efforts en 1977 pour

mettre sur pied le programme SARSAT (*Search and Rescue Satellite*) qui visait cet objectif. Peu après, la France se joignait à eux. De son côté, l'URSS élaborait un projet analogue appelé COSPAS et, en 1977, s'entendait avec les membres du groupe SARSAT pour définir un ensemble de spécifications techniques communes afin d'accroître l'efficacité de ce système mondial de repérage des avions et navires en détresse.

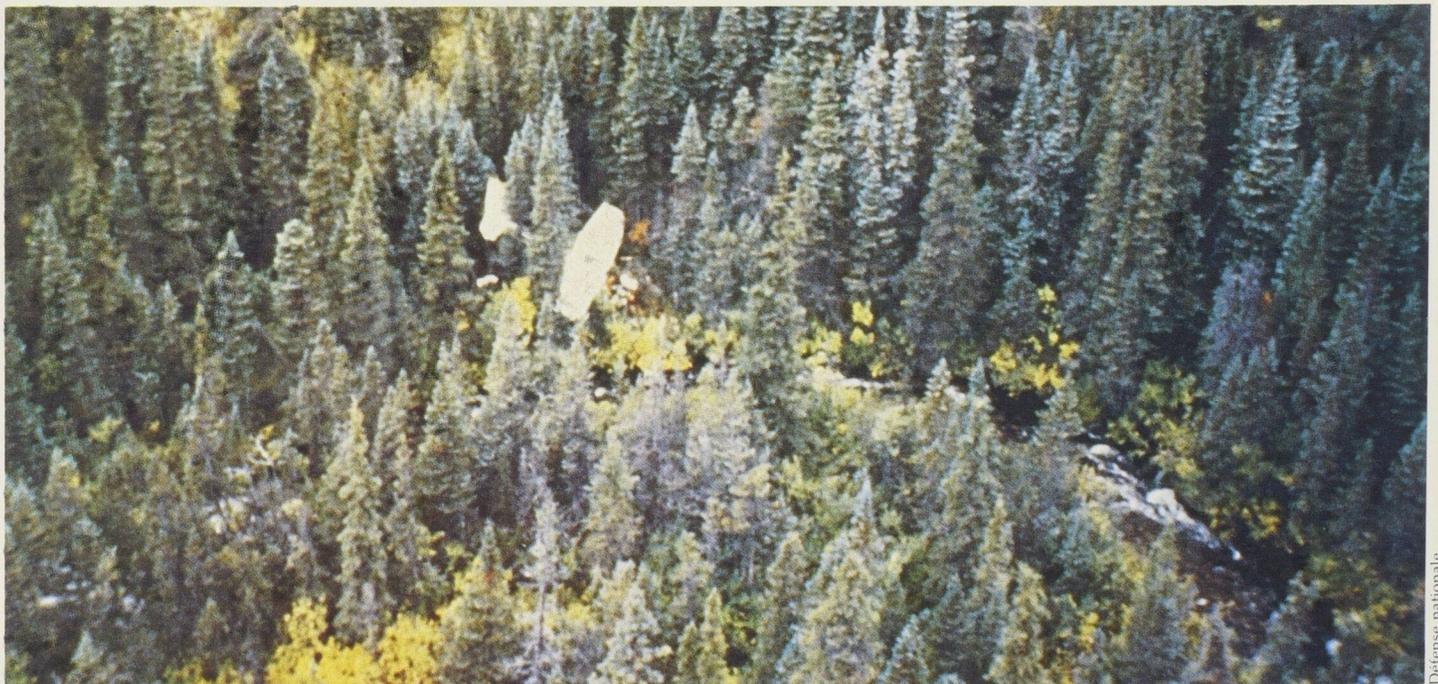
Depuis l'été 82, le satellite russe COSPAS, en orbite polaire autour de la Terre, capte les signaux de détresse sur la fréquence internationale de 121,5 MHz. Le satellite évolue à 1 000 km d'altitude et fait le tour de la Terre en 100 min. Pendant cette période, la Terre tourne de 23° de longitude (ce qui, dans les régions du sud du Canada, représente près de 2 000 km). Le satellite suit donc une trajectoire légèrement différente à chaque orbite mais convergeant toujours vers le pôle; ainsi, les régions polaires sont "observées" plus fréquemment. Depuis le lancement du satellite américain TIROS-N, en mars dernier, la couverture de toutes les régions du globe est maintenant deux fois plus fréquente.

Il existe aujourd'hui un nombre croissant de stations terriennes, en URSS et ailleurs, capables de recevoir les signaux relayés par les satellites SARSAT-COSPAS. Le ministère canadien de la Défense nationale, responsable au Canada des opérations de sauvetage, en exploite une à Shirley's Bay près d'Ottawa, et on en retrouve quatre aux États-Unis et une en France. Ces six stations ont été conçues et construites par une compa-

gnie de haute technologie d'Ottawa, la Canadian Astronautics Limited, qui se spécialise dans le génie des systèmes et le traitement numérique des signaux en temps réel.

Chaque station est munie d'une antenne parabolique de 3 m qui suit le satellite dès qu'il apparaît à l'horizon; à son altitude de 1 000 km, le satellite COSPAS ne prend qu'une vingtaine de minutes à traverser le ciel et, pendant ce temps, la station reçoit les signaux de détresse qui proviennent des deux côtés de la trajectoire du satellite, sur une largeur totale de 4 000 km. Dix minutes après le passage du satellite au-dessus du Canada, les ordinateurs de la station terrienne d'Ottawa finissent de traiter les données reçues du satellite et sont à même de calculer la provenance d'un signal de détresse, à quelques kilomètres près.

Comme l'explique James Taylor, président de la Canadian Astronautics, bien qu'elle exige le recours à de puissants ordinateurs capables de traiter rapidement des masses de données complexes, la méthode de repérage des signaux de détresse employée dans le système SARSAT s'appuie sur un principe de physique connu depuis longtemps: l'effet Doppler. Cet effet est un changement de la fréquence lumineuse ou sonore d'une source en fonction de son déplacement par rapport à un observateur. L'exemple classique que connaissent tous les étudiants en sciences est le changement de la tonalité du sifflement d'un train qui devient plus aiguë quand le train s'approche et plus grave quand il s'éloigne. Il en est de même avec la fréquence du signal

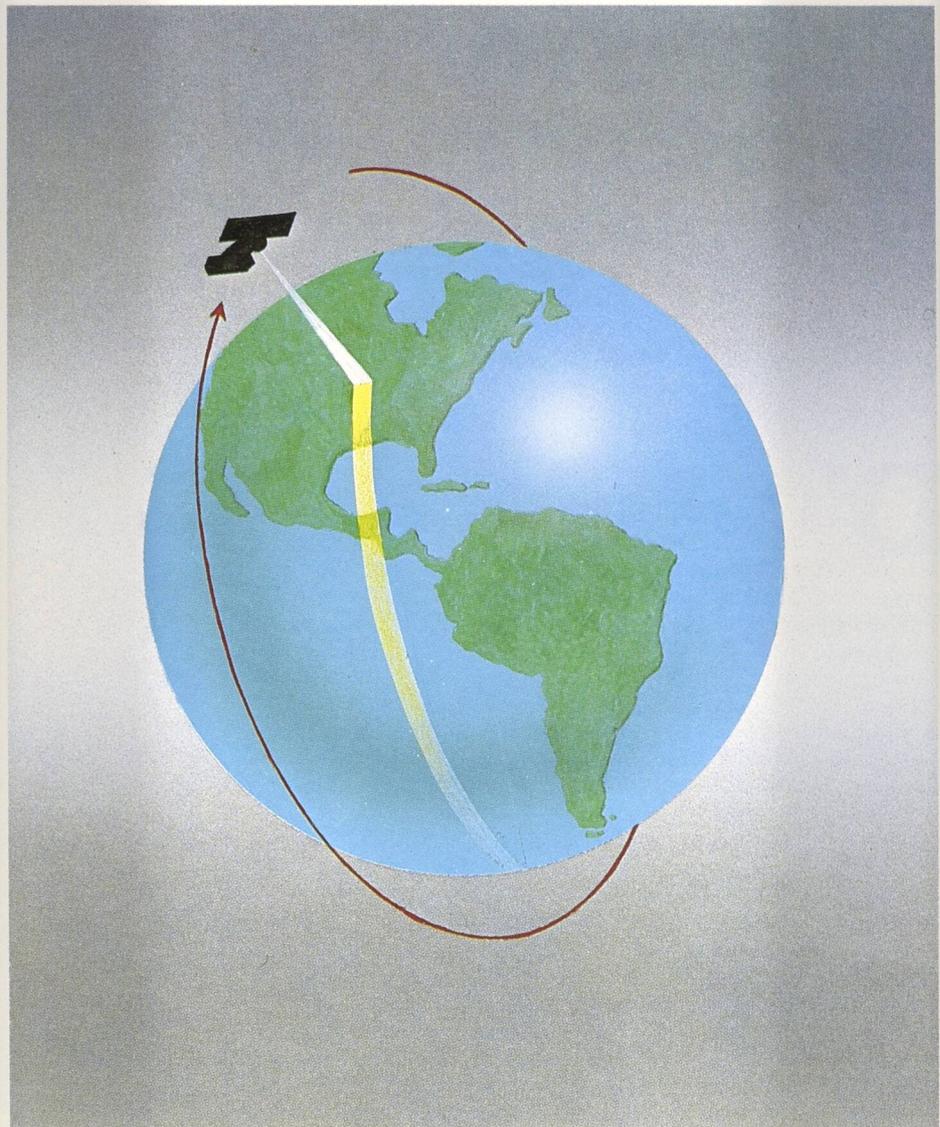


Il n'est pas facile de repérer un avion qui s'est écrasé dans une forêt; cette photo a été prise dans les montagnes de la Colombie-Britannique par l'équipe de sauvetage lors de l'accident de septembre 1982.

d'une radiobalise d'avion ou de navire lorsqu'un satellite s'en approche, puis s'en éloigne. L'ordinateur enregistre le changement de la fréquence du signal retransmis par le satellite en fonction du temps. Connaissant les paramètres orbitaux du satellite et sa position à chaque instant, il détermine les coordonnées du site de l'accident avec une marge d'erreur variant de 8 à 30 km (dans le cas de l'accident en Colombie-Britannique, l'erreur était de 22 km).

Les coordonnées d'un site d'accident sont transmises automatiquement au Centre de commande de la mission situé à Trenton, dans l'Ontario. À son tour, le centre alerte le Centre de coordination du sauvetage des Forces armées canadiennes le plus proche du site de l'accident et une expédition de sauvetage part à la recherche de l'avion ou du navire disparu.

Depuis le premier sauvetage en Colombie-Britannique, le système SAR-SAT-COSPAS de recherche et sauvetage par satellite a été utilisé avec succès des dizaines de fois et des pays comme le Brésil et l'Australie s'y intéressent vivement, ce qui laisse entrevoir un avenir très prometteur pour les stations terrestres de la compagnie Canadian Astronautics et le matériel électronique spécialisé fabriqué par d'autres compagnies canadiennes (SED Systems, de Saskatoon, et Spar Aerospace, de Montréal), dans le cadre du programme SARSAT. Comme il faut organiser près de 9 000 expéditions de sauvetage d'avions et de navires en difficulté au Canada chaque année, à un coût approximatif de 100 millions de dollars, on a bon espoir de réduire ces coûts grâce au système SARSAT. ☾



John Bianchi

Il ne subsiste plus aucun doute quant à l'utilité d'une balise produisant des signaux de détresse pour faciliter la recherche d'avions ou de navires disparus. Par le passé, bon nombre de ces balises étaient détruites au moment de l'écrasement, qu'elles soient ensevelies sous les décombres ou englouties par l'eau.

Cherchant à leur permettre de se séparer de l'avion dans la fraction de seconde qui précède l'écrasement, l'ingénieur Harry Stevinson, anciennement de l'Établissement aéronautique national du CNRC, a mis au point un système qui permettrait à la balise de se

détacher de l'avion avant l'écrasement.

Ne comportant pas de pièces mobiles, ce dispositif appelé Indicateur de position d'écrasement ou IPÉ, est attaché au fuselage de l'avion au moyen d'un loquet à ressorts ou encore encastré dans le fuselage. Sa forme lui procure suffisamment de portance pour qu'il soit déposé en douceur à quelque distance du lieu de l'écrasement. Il commence immédiatement à émettre un signal de détresse quelle que soit son orientation, à l'envers, à l'endroit, peu importe. Deux autres chercheurs du Conseil y ont également travaillé:

M. Cumming, qui a conçu l'antenne, et le Dr Makow qui a construit la balise.

Utilisé par les armées de l'air de nombreux pays dont le Canada, l'IPÉ est fabriqué par la compagnie Leigh Instruments de Carleton Place, dans l'Ontario. On peut ajouter à l'IPÉ un enregistreur de vol, dispositif électronique qui enregistre les manoeuvres de l'avion et le fonctionnement de ses appareils. Les renseignements qu'il contient sont indispensables pour déterminer la cause d'un accident et en éviter la répétition (voir *Dimension Science* 1983/1).

# Prévisions: vents forts et pluies de méthane

par Stephen Haines

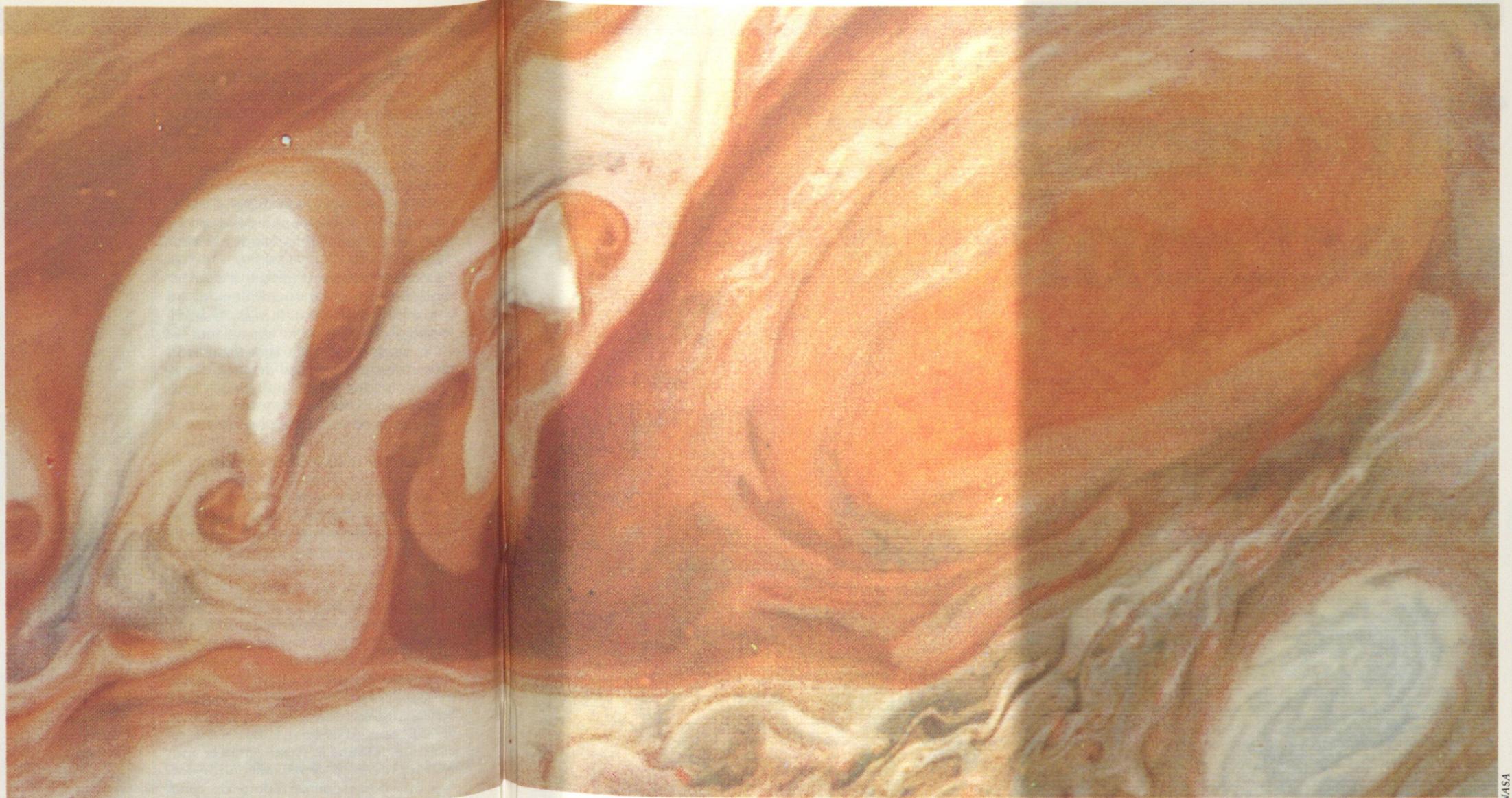
Adaptation française: Claude Devismes

**D'**après le Dr Garry Hunt, de l'Imperial College of Science and Technology, de Londres, les milliers de photographies de Jupiter et de Saturne prises par les sondes *Pioneer* et *Voyager* ont provoqué "une explosion des connaissances". Spécialiste de la physique de l'atmosphère, le Dr Hunt est récemment venu parler au CNRS de la météorologie de ces deux planètes géantes en soulignant que si elle diffère considérablement de celle de la Terre elle présente en ce qui les concerne, et comme le montre les photographies, de nombreuses et suprenantes similitudes.

L'aspect strié caractéristique que nous révèle l'observation télescopique du disque de ces planètes a bien été confirmé par l'investigation détaillée à laquelle se sont livrées les caméras des sondes. Les bandes sont engendrées par les vents d'est et d'ouest très rapides qui régissent la circulation de la partie supérieure des nuages dans l'atmosphère. Les vents d'est, qui soufflent en larges bandes animées d'une très grande vitesse près de l'équateur de chaque planète, donnent également naissance à des jets étroits moins rapides en s'éloignant de l'équateur et qui sont beaucoup plus forts que leurs non moins étroits voisins d'ouest. L'aspect strié de ces mondes ne doit pas surprendre si l'on tient compte de leur taille (dix fois celle de la Terre) et de leur vitesse de rotation angulaire (deux à trois fois supérieure).

Les météorologistes s'intéressent surtout aux "budgets énergétiques" des atmosphères qu'ils étudient, c'est-à-dire aux points d'entrée de l'énergie dans ces atmosphères et à la façon dont elle s'y diffuse. Contrairement à la Terre, Jupiter et Saturne produisent plus de chaleur qu'elles n'en reçoivent du Soleil. Leur chaleur interne maintient en effet la température moyenne entre les pôles et l'équateur de ces planètes à un niveau presque constant, alors que sur Terre l'énergie solaire reçue à l'équateur et qui est à la source de l'activité météorologique se diffuse vers les pôles.

Parmi les caractéristiques étonnantes de Jupiter figure la fameuse grande tache rouge. Elle a été observée pour la première fois en 1664 et identifiée comme représentant un orage atmosphérique de proportions et de durée peu communes. Hunt, qui fait partie de l'équipe chargée du système d'imagerie de *Voyager*, a noté qu'il existe de nombreuses autres taches ovales de grandes dimensions disséminées entre l'équateur et les latitudes approximatives de 45° nord et de 45° sud. Elles sont plus froides que leur environnement avec des formations turbulentes rappelant nos zones de haute pression. Notons également qu'elles apparaissent et disparaissent en l'espace de quelques années, la longévité de la grande tache rouge étant un phénomène qui n'a été observé nulle part ailleurs. L'origine de la couleur blanche de toutes les formations turbulentes autres que la grande tache rouge demeure inexplicable. Hunt pense que l'extension verticale de la grande tache pourrait être beaucoup plus importante que celle des autres taches et que sa couleur est due au phosphore, produit de l'action, au sommet des nuages, de la lumière solaire sur la phosphine (PH<sub>3</sub>) provenant des couches inférieu-



La longueur du plus petit détail visible sur cette photographie de la grande tache rouge est inférieure à 100 km. Les taches rouge et blanches présentent des configurations similaires et ne diffèrent que par la couleur. Les courants tourbillonnaires sont produits par des vents soufflant de l'est (à droite).

res et qui, ayant échappé à l'emprise des taches blanches, aurait été piégé par elle.

L'aspect monochromatique plus prononcé de Saturne ne doit pas tromper car son atmosphère est encore plus active que celle de Jupiter. Si, comme Jupiter, Saturne est traversée de bandes parallèles, ses vents sont par contre beaucoup plus rapides puisqu'ils atteignent 1 500 km/h à l'équateur au lieu de 500 km/h dans l'autre cas. Ce monde est toutefois exempt des perturbations et turbulences massives de l'autre planète. Comme elle, elle produit plus de chaleur qu'elle n'en reçoit (environ deux à trois fois plus), et c'est ce qui explique son taux de convection plus élevé. D'après Hunt, cette énergie interne est à l'origine de la brume qui obscurcit les hautes couches de l'atmosphère de Saturne. Elle est probablement constituée de gouttelettes de méthane et la couche atmosphérique se comporte de bien des manières comme la couche d'ozone de notre propre atmosphère où prennent place de nombreuses réactions chimiques intenses.

Hunt rappelle toutefois que si, en ce qui le concerne, il est en faveur de l'hypothèse de la chaleur interne agissant comme moteur météorologique sur les deux planètes, une autre théorie faisant appel au rayonnement solaire comme énergie motrice a



Ces gros plans de Saturne révèlent de nombreuses caractéristiques qui n'avaient jamais encore été observées. Cette photo nous montre une zone de haute pression de plus de 3 000 km de diamètre et deux cellules de convection plus petites. Un courant éolien de faible amplitude latérale et atteignant une vitesse de 150 m/s s'écoule le long de la partie supérieure de la bande de couleur jaune ci-dessus.

été récemment proposée pour Jupiter. Il s'agit d'un modèle informatique appliquant les mathématiques des mécanismes météorologiques terrestres et qui suppose que la profondeur des configurations éoliennes joviennes n'est pas très grande. D'après ce modèle, la chaleur solaire à l'équateur amorce les mouvements d'air dans le sens nord-sud pour former une couche de faible extension verticale au sommet d'une atmosphère qui atteint plusieurs milliers de kilomètres d'épaisseur. La masse d'air en mouvement est ensuite projeté sur un côté par la rotation planétaire. Le processus continue jusqu'à ce qu'une série de ceintures alternées de vents d'est et d'ouest apparaisse dans l'atmosphère (principale caractéristique révélée par l'observation de Jupiter). Les taches ovales blanches (et une rouge) qui font partie du mécanisme de transfert énergétique représentent les grands courants tourbillonnaires de système. La chaleur émanant de la planète se dissipe trop lentement en traversant cette zone pour avoir un effet de quelque importance.

Le sort de ces théories devra attendre le Projet Galileo, dont le lancement vers Jupiter est prévu pour 1986. Il s'agit en l'occurrence d'une "troisième génération" d'explorateurs lointains qui s'inscriront en orbite autour de la planète et dépêcheront des sondes dans son atmosphère. L'information qu'ils transmettront avant de plonger dans la mer d'hydrogène que nous cache l'épaisse couverture nuageuse de la planète nous renseignera sur la nature des activités qui se déroulent dans les régions soustraites à notre regard. ☾

# Un messenger électronique

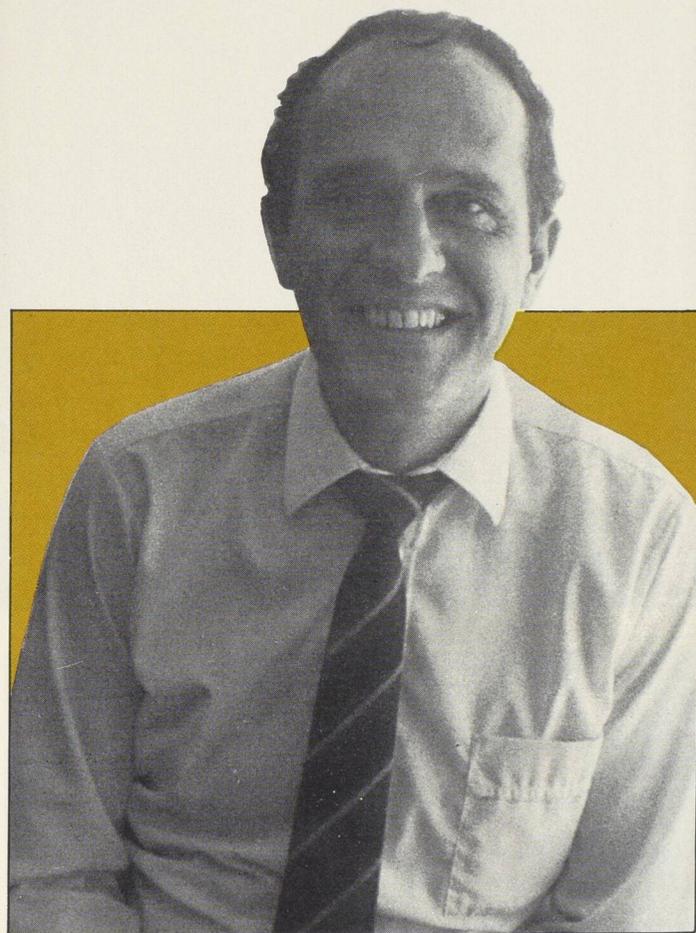
par Bill Atkinson

Adaptation française: Line Bastrash

**P**eter Wolters, spécialiste de l'information à l'Institut canadien de l'information scientifique et technique (ICIST) du CNRC, a un problème. Il doit faire parvenir un message à une collègue qui travaille dans un autre ministère du gouvernement fédéral, à Ottawa, mais il apprend que celle-ci est en réunion pour la journée et qu'elle ne pourra répondre aux appels téléphoniques. Le message, bien qu'important, ne l'est pas suffisamment pour qu'on la dérange. Il pourrait bien sûr lui faire parvenir son message par le courrier, mais il faut une heure pour dactylographier une lettre, la relire et l'envoyer, et un jour, parfois deux, pour qu'elle parvienne au destinataire. Un messenger peut délivrer une lettre en une demi-journée, mais cela coûte cher. Un message dicté au téléphone à une secrétaire ne doit pas être trop long, sans quoi des erreurs risquent de s'y glisser. Enfin, il pourrait laisser un message demandant que sa collègue le rappelle, mais il se peut que Wolters lui-même soit absent au moment où elle rappellera. Que faire?

Le problème de Wolters est très courant, sa solution l'est moins. Se tournant vers le terminal qui se trouve sur son bureau, il introduit, à l'aide du clavier, un code spécial. L'écran s'allume: PAS DE MESSAGES. Peter Wolters vient de vérifier le contenu de sa "boîte aux lettres". Il inscrit rapidement le nom de sa collègue, donne des instructions à l'ordinateur pour qu'une copie de la lettre qu'il s'appête à rédiger aille dans son propre fichier et dactylographie le message destiné à sa collègue. Celui-ci demeurera dans un fichier central jusqu'à ce que sa destinataire vérifie le contenu de sa propre "boîte aux lettres"; il restera confidentiel et seule sa collègue pourra en prendre connaissance et y répondre. Peter Wolters vient tout juste d'utiliser un système qui pourrait bientôt transformer radicalement le domaine des communications administratives au Canada: la correspondance électronique.

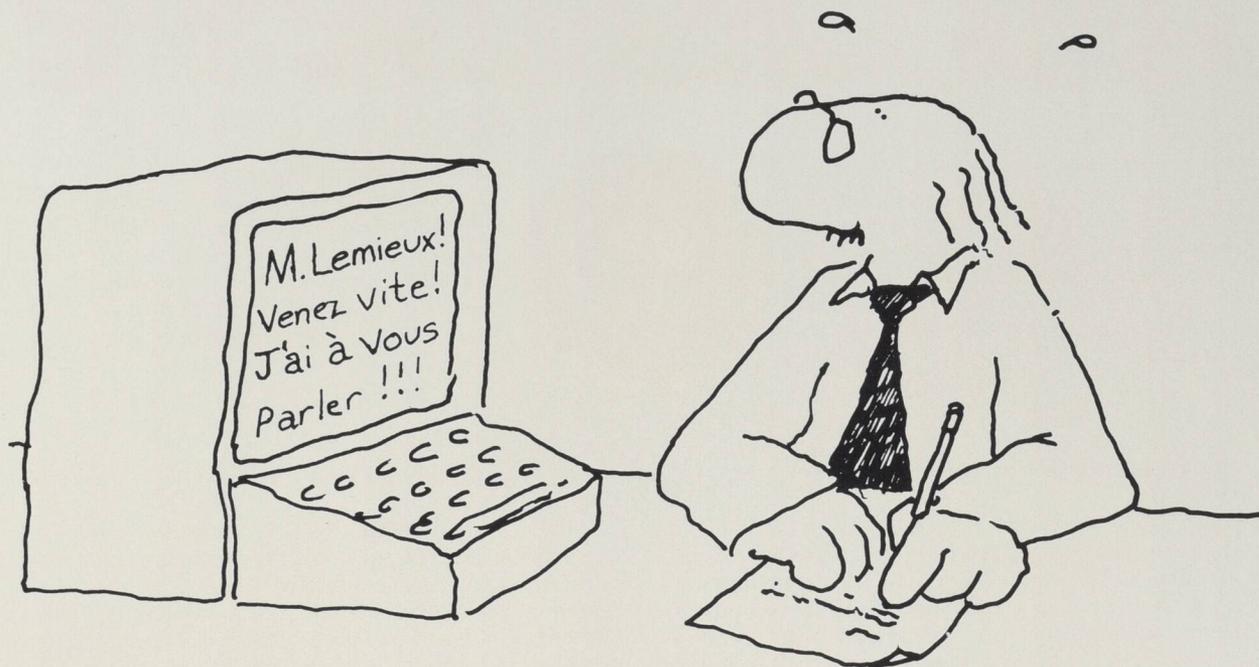
"En Amérique du Nord", explique Wolters, "les entreprises s'inquiètent de plus en plus de l'accumulation de documents et d'information sur support de papier. Nous connaissons actuellement une explosion des communications, dont l'ordinateur est à la fois la cause et la conséquence. Mais l'entreprise commence à se rendre compte qu'une grande partie de cette information n'a pas besoin d'être écrite sur du papier. Son destin est en effet éphémère: elle devient inutile dès qu'on l'a exploitée. Et une



Le Dr Peter Wolters a collaboré à la mise au point de divers systèmes de correspondance électronique pour le système d'interrogation en direct de l'ICIST, CAN/OLE.

grande partie des données restantes pourraient être facilement classées, extraites et communiquées électroniquement."

Les entreprises qui essaient actuellement cette correspondance électronique sont prêtes à parier qu'elle jouera bientôt un rôle aussi important que la correspondance écrite et qu'elle révolutionnera le domaine des communications administratives d'ici la fin des années 1980. Comme nous l'explique Wolters: "La correspondance électronique nous offre pratiquement les mêmes possibilités que la correspondance ordinaire et, de surcroît, elle élimine le papier. À l'ICIST, nous étudions des applications qui permettraient, une fois que les données ont été introduites dans le système, non seulement de les transmettre mais aussi de les



John Bianchi

traiter et de les utiliser à d'autres fins. C'est d'ailleurs ce que nous faisons depuis plusieurs années avec notre système CAN/OLE." (CAN/OLE est le sigle d'un système d'interrogation en direct des fichiers bibliographiques scientifiques et techniques canadiens.)

L'ICIST, qui est une immense bibliothèque, doit répondre quotidiennement à des centaines de demandes d'information scientifique. Un tel système pourrait permettre à l'ICIST de faire apparaître un formulaire simplifié de demande de documents sur l'écran de n'importe quel terminal au Canada et de s'assurer, grâce au mode conversationnel, que les demandes de prêts interbibliothèques sont correctement remplies par l'utilisateur pour que l'on puisse y répondre avec le plus de rapidité et d'efficacité possible.

"Pour être certains, avant d'envisager une implantation nationale, que notre système de correspondance électronique répond à nos besoins, nous avons conçu et essayé une série de scénarios en collaboration avec Recherches Bell-Northern Ltée et le Groupe des communications informatiques. Ce projet du CNRC, réalisé en collaboration avec le secteur privé, a été couronné de succès. Après seulement six mois, le système mis en place par l'ICIST nous permet de traiter plus de 800 demandes de documents par mois."



John Bianchi

De plus, Wolters et d'autres chercheurs du CNRC tentent actuellement de mettre au point des programmes permettant d'emmagasiner, d'extraire et de traiter l'information véhiculée par le système de correspondance électronique. L'ICIST pourrait ainsi diriger les demandes faites par correspondance électronique vers la personne ou le service concerné, y ajouter ses propres commentaires et mettre en fichier l'information recueillie pour référence ultérieure.

Mais il y a plus. Selon Wolters, "en associant un microprocesseur à notre système de correspondance électronique, nous pourrions 'disséquer' l'information qu'il contient et l'interpréter à l'aide d'une machine plus puissante pour permettre à nos gestionnaires d'obtenir rapidement des données fiables. Actuellement, la saisie de statistiques sur la répartition géographique et par secteur industriel des utilisateurs du système prend beaucoup de temps. Si chaque demande adressée à l'ICIST par correspondance électronique à l'échelle du pays était traitée à l'aide d'un programme spécial, il suffirait à nos gestionnaires d'enfoncer un bouton pour savoir si telle entreprise fait appel à nos services, ou connaître le degré d'utilisation de notre système d'information scientifique et technique par un secteur donné, disons celui de l'aéronautique. Nous pourrions alors procéder aux corrections nécessaires.

"Ainsi, par exemple, nous pourrions enrichir notre fichier sur les techniques de production, s'il advenait que les données qu'il contient s'avèrent insuffisantes pour répondre aux demandes de renseignements qui nous sont soumises dans ce domaine. Nous recevons actuellement 250 000 demandes de documents par année. Il nous est impossible de les analyser de façon satisfaisante sans l'aide d'un ordinateur."

Que faut-il faire pour être en mesure d'utiliser le système de correspondance électronique de l'ICIST? Comme pour Télidon, l'entreprise ou le particulier intéressé doit prendre contact avec le Réseau téléphonique transcanadien pour s'abonner. Les abonnés reçoivent un mot de passe qui leur permet d'avoir accès au système en permanence. Il ne faut pas plus de une à deux heures à un débutant pour se familiariser avec le système, par conséquent, encore moins de temps à un utilisateur qui sait déjà comment introduire et traiter des données à l'aide d'un terminal informatique. ☺

# Des cerises et

# des hommes

Rien ne pourra plus nous étonner! Nous avons découvert chez nos scientifiques des talents littéraires insoupçonnés. Ainsi, le sketch suivant nous a été proposé par John Jaffray, spécialiste en technologie alimentaire du Bureau du développement industriel du CNRC; il y



décrit comment le Programme de recherche industrielle du CNRC, ou PARI, est récemment venu en aide à une entreprise de Toronto. Ce petit sketch illustre mieux que n'importe quelle brochure ne saurait le faire le fonctionnement des programmes du PARI.

## Acte 1, scène 1 • Une usine, à Toronto

... "Vingt-et-un jours!", s'exclame le directeur de l'usine. "Il nous faut vingt-et-un jours pour produire des cerises au marasquin. Avec le coût actuel de la main-d'oeuvre, nous fonctionnons à perte. Nous ne pouvons pas continuer comme ça. Si nous ne trouvons pas un meilleur moyen de préparation pour nos cerises, nous devons fermer l'usine et congédier nos sept employés. Et cela, nous voulons l'éviter."

## Acte 2, scène 1 • Le bureau du PARI, à Ottawa

... "Ce qu'il vous faut", déclare le spécialiste du CNRC à l'agent régional du PARI, "c'est de la recherche. Nous avons là un exemple de plus d'une petite entreprise où un procédé traditionnel a été transmis de père en fils sans qu'aucune recherche n'ait été faite pour justifier les méthodes employées. Aimerez-vous que nous visitions l'usine ensemble et que nous discutions de ce problème?"

## Acte 2, scène 2 • De retour à l'usine de Toronto

... "Et le CNRC peut", explique l'agent régional au directeur de l'usine, "grâce au PARI-L, vous aider à évaluer les facteurs qui influent sur le processus de macération, comme la vitesse de pénétration du sucre, le degré d'agitation, la température et la pression. Nous pourrions peut-être faire appel aux compétences d'un collègue de North Bay qui offre un programme sur la technologie alimentaire. Peut-être pourrions-nous même le persuader de se charger du projet... qu'en pensez-vous?"

## Acte 3, scène 1 • La même usine — plus tard

... "Onze jours? Fantastique!", s'écrie le directeur. "Cela signifie que nous allons presque doubler notre production et effacer notre déficit. L'usine est sauvée!"

L'agent régional: "Le CNRC peut aussi vous aider, grâce au PARI-H, à embaucher des étudiants pour appliquer les résultats de cette recherche à votre chaîne de production et même à explorer d'autres possibilités d'amélioration de votre procédé. Si nous en discutons..."

## Acte 3, scène 2 • La même usine — un peu plus tard

... "Nous avons réduit la durée du processus à sept jours", exulte le directeur. "Vous rendez-vous compte que nous avons pour ainsi dire triplé notre production, ce qui nous a permis non seulement de conserver nos sept employés mais d'en embaucher deux autres? Dites-moi, combien de gens sont au courant de vos programmes?"

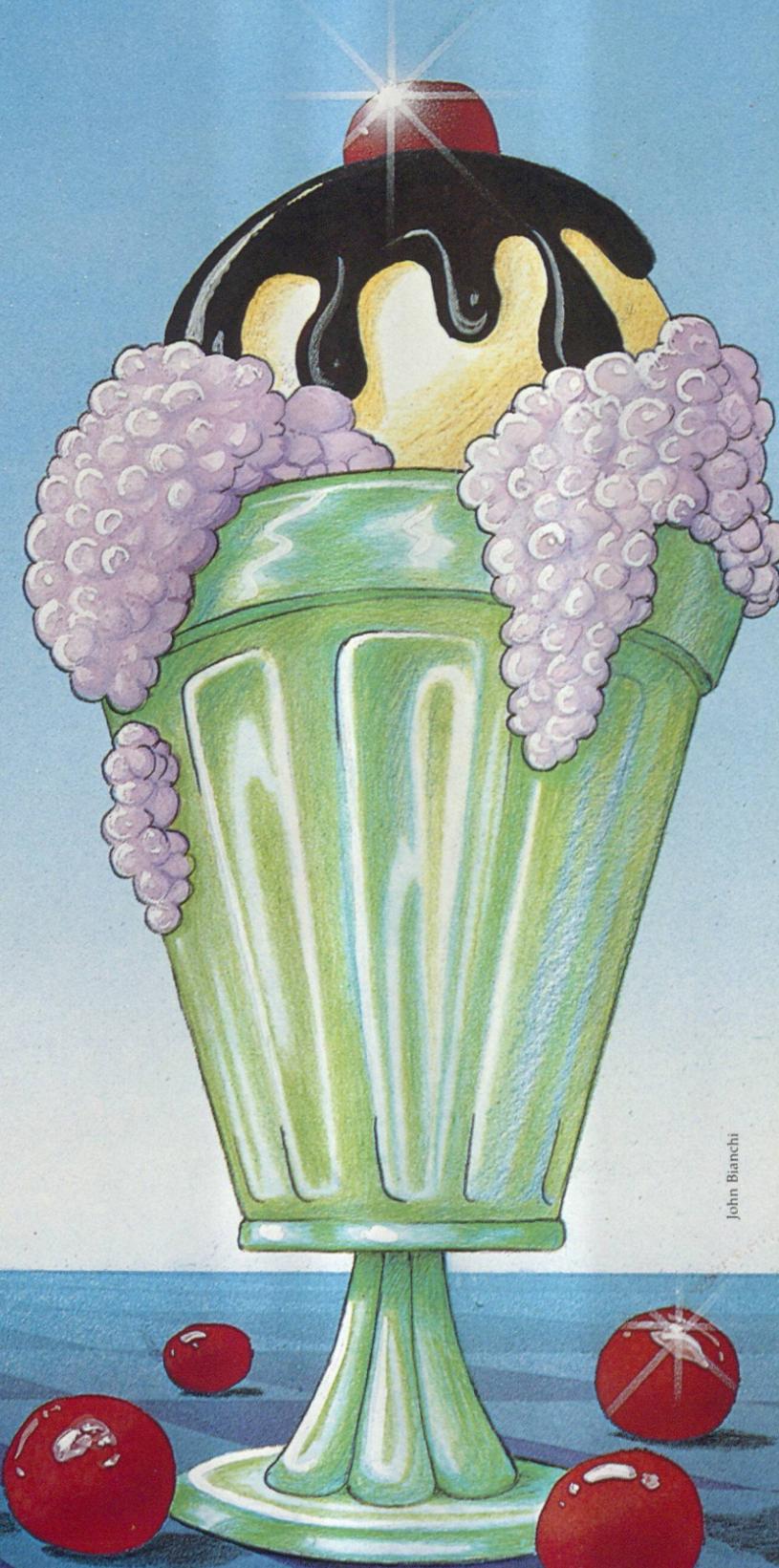
## Acte 4, scène 1 • De retour dans le bureau du PARI, à Ottawa

... "À peine plus de 1 500 dollars au total", conclut le spécialiste du CNRC. "Pas mal pour deux projets qui ont permis de sauver une petite entreprise!"

par John Jaffray

John Jaffray est un spécialiste en technologie alimentaire à l'emploi du Bureau du développement industriel du CNRC.

Adaptation française: Line Bastrash



Le petit sketch de M. Jaffray est tiré de sa propre expérience avec un producteur de cerises au marasquin de Toronto. Pour obtenir une description détaillée des programmes du PARI, il suffit d'écrire à l'adresse suivante:

Programme d'aide à la recherche industrielle  
Conseil national de recherches du Canada  
Édifice M-55  
Chemin de Montréal  
OTTAWA (Ontario)  
K1A 0R6

Tél.: (613) 993-0331

John Bianchi

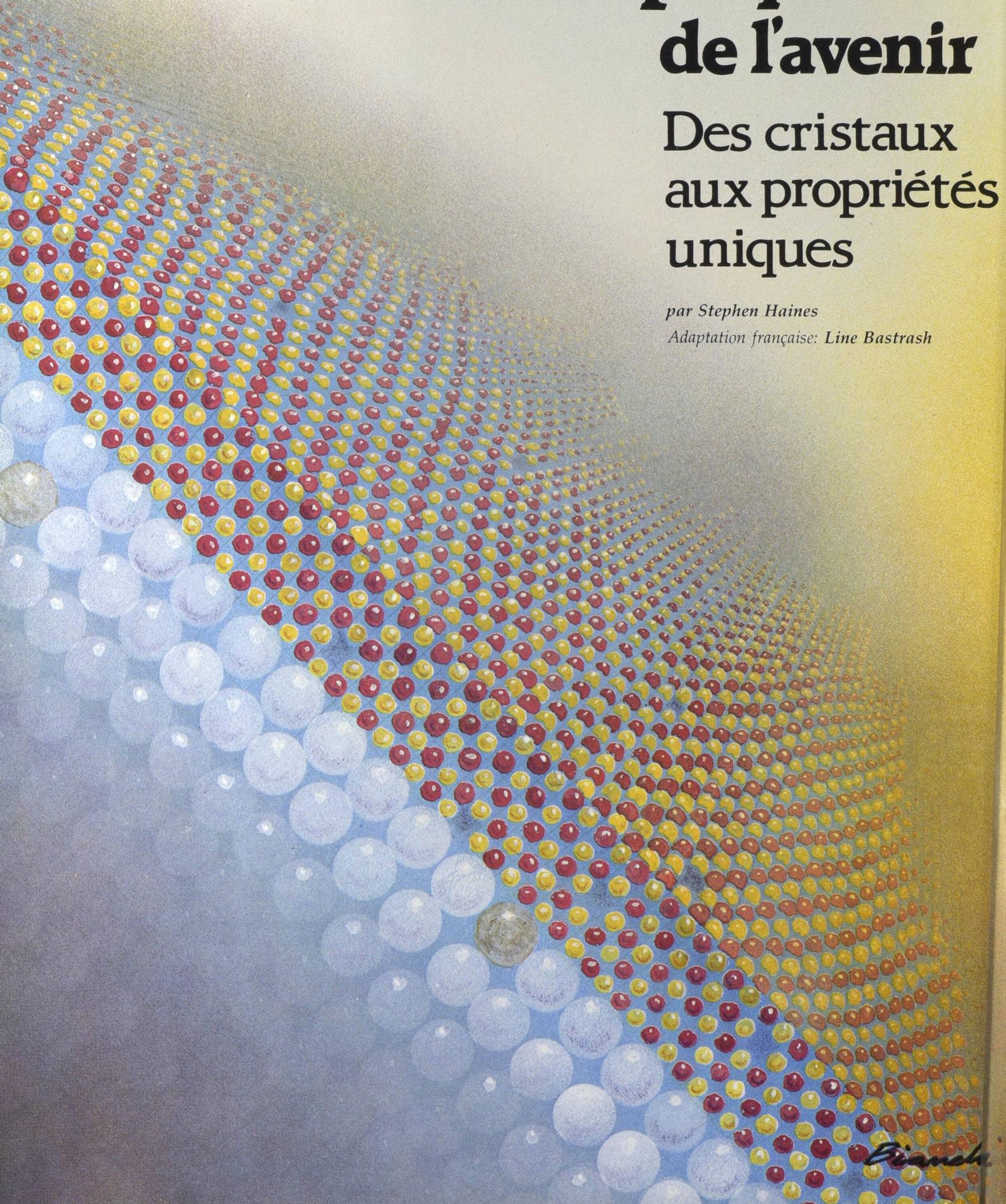
Bianchi

# Les microplaquettes de l'avenir

Des cristaux  
aux propriétés  
uniques

*par Stephen Haines*

*Adaptation française: Line Bastrash*



*Fiandre*

**P**armi les révolutions technologiques qui ont marqué notre siècle, l'invasion des "puces" de silicium, ou microplaquettes, a sans doute été l'une des plus discrètes et des plus totales. Leur utilisation va des montres à affichage numérique, que les bûcherons et les hommes d'affaires ont adoptées avec le même enthousiasme, aux puissants ordinateurs pas plus gros qu'un poste de télévision. En fait, elles sont partout où l'on a besoin d'elles pour produire, emmagasiner ou traiter l'information sous forme de signaux électriques. On s'en sert également pour la fabrication de panneaux solaires convertissant directement l'énergie solaire en électricité. Cette étonnante diversité d'applications, on la doit aux propriétés uniques du silicium et à la maîtrise d'une technologie complexe qui a permis la fabrication des "couches minces".

Les couches minces sont des tranches de diverses substances que l'on superpose à la surface d'un support de silicium; la technologie qui permet d'obtenir ces couches minces rend possible non seulement la production des "puces" omniprésentes mais aussi la fabrication des vitres réfléchissantes et des pare-chocs chromés d'automobiles. La multiplicité des applications des couches minces a attiré l'attention d'un groupe de chercheurs du Conseil national de recherches, qui a décidé de concentrer ses efforts sur l'étude de leurs propriétés et des techniques mises en oeuvre pour les fabriquer.

Selon le Dr Digby Williams, de la Division de chimie du CNRC, les techniques actuelles ne permettent pas de faire face à l'accroissement de la demande résultant de l'apparition sur le marché de nouveaux produits qui utilisent des semi-conducteurs. "La plupart de ces techniques commencent à dater", explique Williams, "et elles pourraient certainement être améliorées. Elles entraînent un gaspillage d'énergie et de matériaux coûteux. L'industrie voudrait bien corriger ce problème, mais elle n'en a ni le temps ni les moyens; c'est donc à nous que revient la tâche de trouver des techniques et des matériaux plus efficaces et moins coûteux pour répondre aux besoins à long terme de l'industrie."

Les microplaquettes sont fabriquées à partir de couches minces de matériaux appartenant à la famille des semi-conducteurs. Il s'agit d'éléments non métalliques ou de composés qui, contrairement aux câbles de cuivre qui acheminent le courant électrique dans nos maisons, se comportent comme des isolants à la température de la pièce; ils ne deviennent conducteurs que s'ils contiennent certaines impuretés bien choisies. Ce sont ces impuretés qui permettent de faire passer un courant électrique et de faire fonctionner montres, ordinateurs et panneaux

solaires. "L'astuce", commente le Dr Williams, "consiste à introduire la quantité exacte d'impuretés désirées lors de la fabrication de la couche mince."

Pour y parvenir, on dépose, en alternance, des tranches très minces de différents matériaux sur un support de silicium, comme pour un sandwich. Les impuretés introduites au moment du dépôt permettent aux électrons de traverser ces sandwichs et d'acheminer le courant électrique. Il s'agit d'une technique raffinée. Selon Jim Webb, un collègue de Williams travaillant à la section de chimie physique, "en ne modifiant que très légèrement les techniques de fabrication, on obtient des matériaux dont les caractéristiques varient considérablement. Ces variations sont parfois utiles mais elles peuvent aussi conduire à l'échec, et à de coûteux gaspillages pour l'industrie."

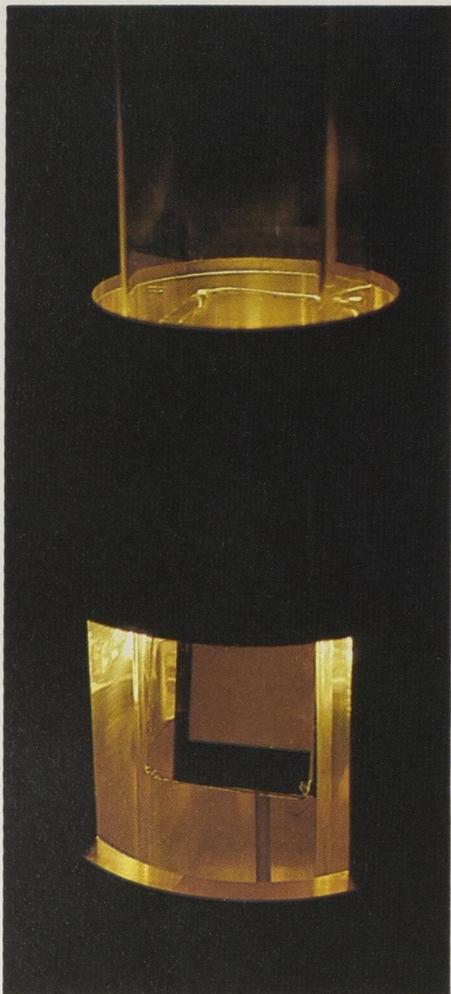
Parmi les techniques qui pourraient éventuellement être utiles à l'industrie, le CNRC a choisi d'en étudier deux: la "pulvérisation cathodique magnétron" et le "dépôt en phase vapeur de composés organométalliques" (ou MOCVD en anglais).

L'une des techniques de fabrication les plus simples, les plus anciennes — et les moins sûres — consiste à déposer des couches minces d'un élément sur un support dans une chambre à vide: on utilise la chaleur pour amener le matériau en phase vapeur; celui-ci, en adhérant à la surface du support, plus froide, s'y condense pour former une couche mince solide. L'un des problèmes posés par cette technique est que la couche résultante n'est pas toujours uniforme, particulièrement lorsque l'on utilise des composés plutôt que des éléments; de plus, elle n'adhère pas toujours fermement à la surface du support.

La technique de pulvérisation cathodique magnétron, utilisée par Jim Webb, fait par contre appel à un gaz ionisé plutôt qu'à la chaleur pour amener le matériau en phase vapeur avant de le déposer sur le support. À l'intérieur d'une chambre à vide, on place une plaque du matériau que l'on veut déposer — la cible — et, face à celle-ci, le support sur lequel on veut déposer ce matériau. On fait le vide à l'intérieur de la chambre et on y fait pénétrer un peu d'argon, qui est alors ionisé sous l'action d'un champ électromagnétique. Les ions argon sont projetés sur la cible, libérant certains de ses atomes qui se dirigent alors vers le support où ils se condensent pour former une couche mince. Toutefois, les électrons libérés par l'ionisation peuvent également aller se déposer sur le support et risquent d'endommager la couche mince. Pour éviter cela, Webb place un aimant derrière la cible: les électrons sont ainsi piégés le long des lignes du champ magnétique en même temps qu'ils sont éloignés du support.



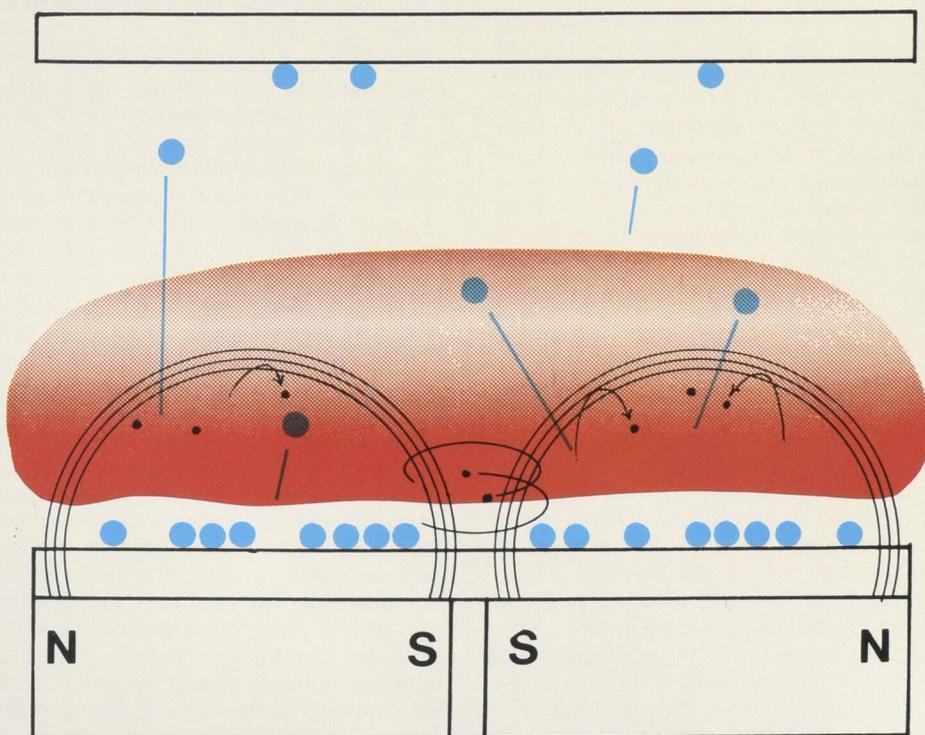
*Digby Williams: "La technologie mise au point par le CNRC représente un domaine d'exploitation commerciale intéressant pour l'industrie canadienne."*



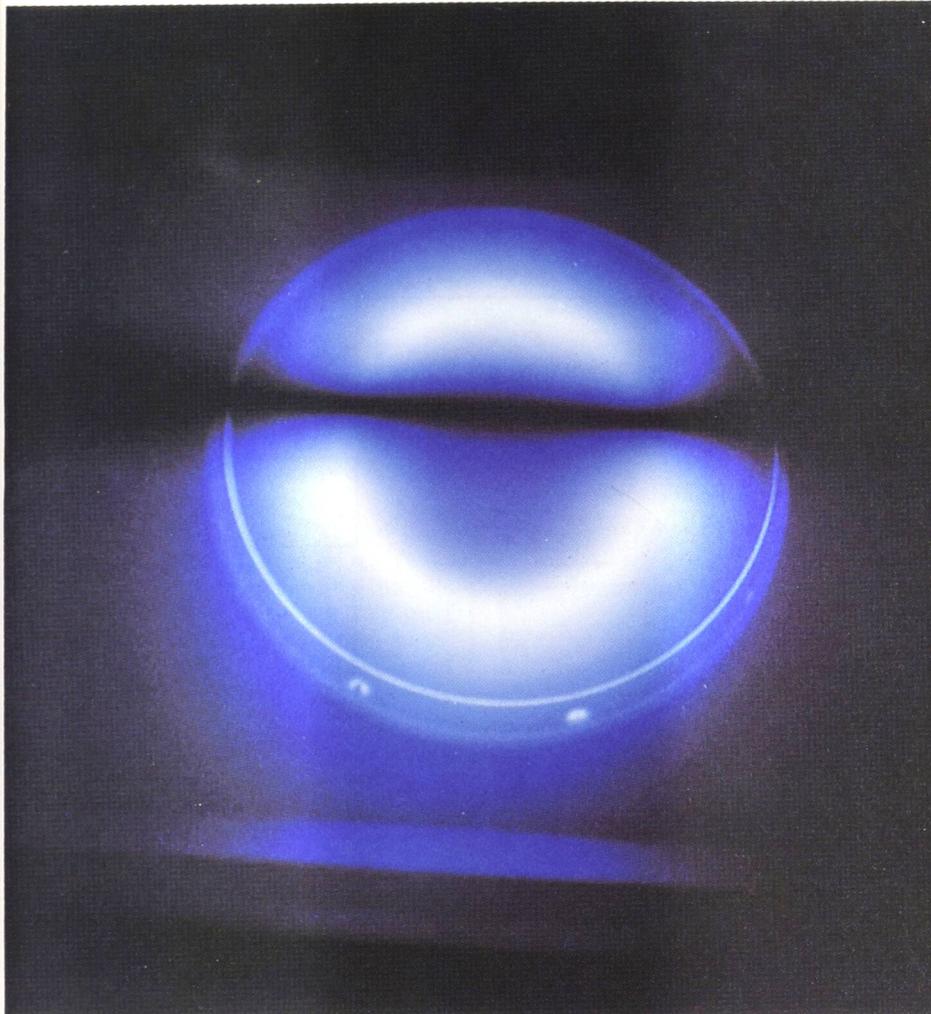
Les réactions qui prennent place à l'intérieur de cette chambre peuvent mettre en jeu jusqu'à cinq composés organométalliques différents qui réagissent pour former des composés tout à fait nouveaux.



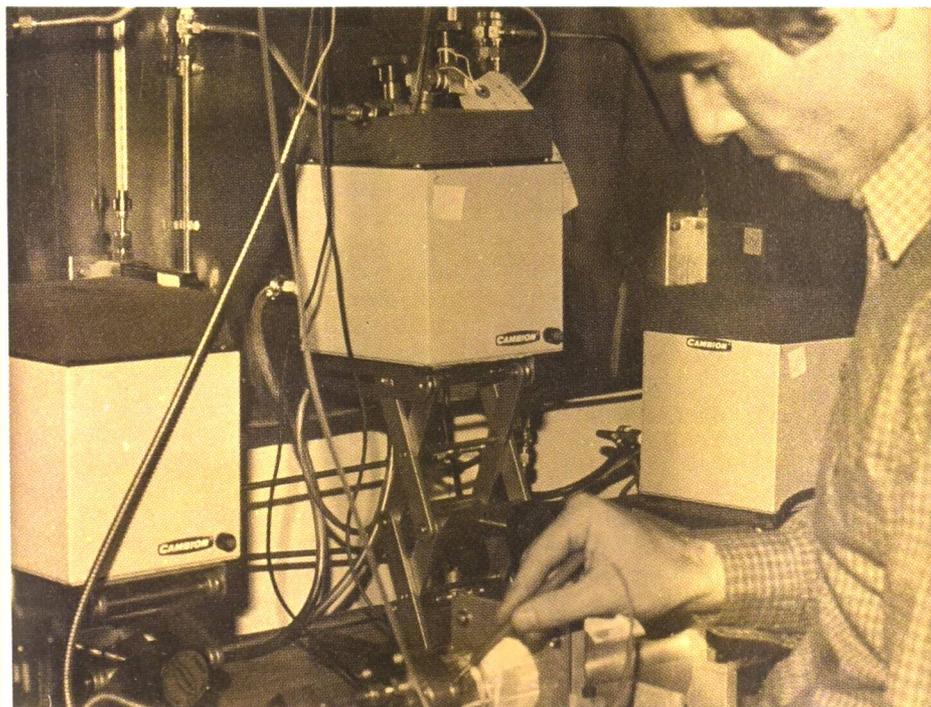
Jim Webb: "Nous avons amélioré les méthodes actuelles de fabrication des matériaux semi-conducteurs en faisant appel à une technologie plus souple et à des matériaux moins coûteux."



La technique de pulvérisation cathodique magnétron fait appel à un plasma chauffé qui libère les atomes d'oxyde métallique (en bleu) de la surface cible; ceux-ci vont se déposer sur le support en couches minces soigneusement dosées. Les électrons libérés lors du processus, qui risquent d'endommager les couches minces, sont piégés par des champs magnétiques qui les éloignent du support.



*Soumis au champ magnétique circulaire de la chambre de pulvérisation cathodique magnétron servant à déposer des couches minces d'oxyde de zinc sur un support de verre, les ions deviennent luminescents.*



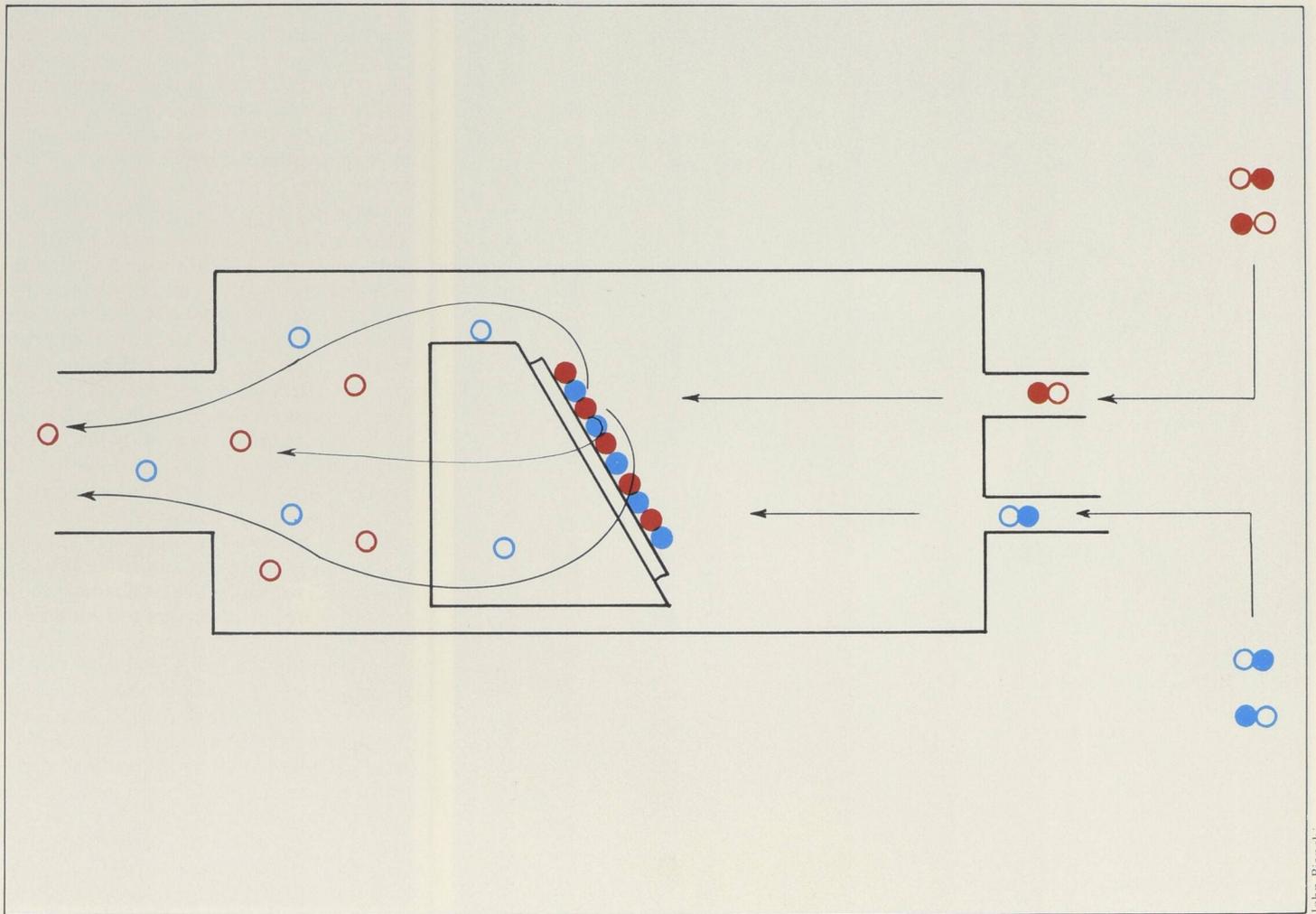
*Alain Roth, membre de l'équipe du CNRC.*

La technique de pulvérisation cathodique magnétron présente des possibilités d'application industrielle intéressantes. Elle permet de déposer des couches minces de chrome sur un support de plastique à température ambiante et de fabriquer, par exemple, des pare-chocs d'automobiles.

Williams et Webb avaient toutefois d'autres préoccupations en tête lorsqu'ils ont commencé à s'intéresser à la technique de pulvérisation cathodique magnétron. Ils visaient plutôt à mettre au point des matériaux pour la fabrication de piles solaires. Bien que les piles solaires aient peu de chances de détrôner dans un proche avenir les centrales nucléaires ou hydro-électriques, comme celles de la Baie James, elles pourraient constituer la réponse aux préoccupations des environnementalistes puisqu'elles permettent de transformer directement l'énergie solaire en énergie électrique. Le groupe du CNRC, formé des Drs Williams, Webb et Roth, a mis au point une technique qui permet de déposer sur un support de silicium des films d'oxyde métallique dont la transparence, la conductivité et l'épaisseur sont soigneusement dosées. Leurs premières expériences ont conduit à la mise au point d'un matériau peu commun: un oxyde d'étain et d'indium. En contrôlant attentivement chacune des étapes de la fabrication, ils ont obtenu une des couches les plus transparentes, les plus minces et les plus efficaces qui soient sur le plan électrique. Des films d'une épaisseur de un dix-millième de millimètre fabriqués avec ce matériau possèdent des propriétés uniques et l'industrie s'est tout de suite montrée très intéressée. Toutefois, il s'agissait là d'un succès de laboratoire et les fabricants de piles solaires ont vite perdu leur enthousiasme devant le coût de fabrication élevé de ce matériau.

L'équipe du CNRC s'est alors tournée vers un matériau moins rare, l'oxyde de zinc, mettant à profit les connaissances recueillies lors de précédents essais sur d'autres matériaux. En modifiant légèrement les conditions de fabrication et en notant attentivement les changements de propriétés ainsi obtenus, ils ont réalisé des couches minces d'oxyde de zinc dont la transparence et la conductivité élevées en font un excellent matériau pour la fabrication des piles solaires.

Un film métallique de 0,0001 mm d'épaisseur, difficile de faire mieux, non? Pourtant, certaines techniques permettent de fabriquer des films encore plus minces avec autant de précision. Parmi celles-ci figure le dépôt en phase vapeur de composés organométalliques, à laquelle s'intéressent le Dr Williams et son collègue, le Dr Alain Roth. Pour expliquer cette technique, nous utiliserons l'exemple de l'arséniure de gallium, composé



John Bianchi

La technique de dépôt en phase vapeur de composés organométalliques (ou MOCVD) consiste à amener des métaux organiques, comme le triméthylgallium et l'hydruure d'arsenic, à la surface d'un support où ils réagissent chimiquement pour former un troisième composé. Ce type de réaction peut mettre en jeu jusqu'à cinq composés différents pour la fabrication d'un matériau donné. Les composés indésirables et les déchets sont ensuite évacués de la chambre de réaction.

que certains considèrent déjà comme le matériau semiconducteur de l'avenir. Cette technique consiste à amener deux éléments (dans ce cas-ci, le gallium et l'arsenic) à se déposer à la surface d'un support, où ils réagiront chimiquement pour former de l'arséniure de gallium. Des bulles d'hydrogène purifié sont diffusées à travers une solution de triméthylgallium pour obtenir la forme organique du métal, qui est alors mélangée avec de l'hydruure d'arsenic en phase vapeur, obtenu lui aussi grâce à un gaz d'hydrogène; les deux composés sont ensuite amenés au-dessus de la surface du support chauffé où ils entrent en réaction pour former une couche mince d'arséniure de gallium.

La température du support, la composition, la pression et le flux des gaz ne sont

que quelques-uns des facteurs qui entrent en jeu et qui doivent être soigneusement surveillés si l'on veut obtenir des résultats uniformes.

La technique de dépôt en phase vapeur de composés organométalliques permet de fabriquer des couches minces à partir d'un très grand nombre de matériaux. Ainsi, le Dr Roth a fabriqué des couches minces d'oxyde de zinc semblables à celles qu'avait obtenues le Dr Webb mais elles n'étaient pas aussi bonnes conductrices d'électricité. Ces différences montrent bien l'importance des techniques utilisées et leur influence sur les propriétés des couches minces résultantes. Williams croit qu'une meilleure connaissance des facteurs qui influent sur les propriétés des couches minces permettra de mettre au point de meilleurs produits dans l'avenir.

"L'industrie s'intéresse à nos travaux", déclare Williams, "et de plus en plus d'industriels viennent frapper à notre porte pour s'enquérir de nos méthodes et des propriétés de nos matériaux. L'été dernier, nous avons organisé la première Conférence canadienne sur la technolo-

gie des semiconducteurs, à Ottawa, et nous pouvons dire que l'accueil que lui ont réservé les participants est des plus encourageants. L'intérêt qu'elle a suscité et l'échange d'information auquel elle a donné lieu nous semblent prometteurs pour le développement d'une technologie véritablement canadienne dans ce domaine; cet échange pourrait mener à la création de nouveaux produits et à la mise au point de procédés de fabrication susceptibles de satisfaire non seulement les besoins du marché canadien mais également ceux des marchés d'exportation."

L'équipe du CNRC, constituée des Drs Williams, Webb et Roth, est petite mais efficace, comme c'est généralement le cas dans ce secteur en expansion rapide. En effet, non seulement l'éventail des applications des matériaux obtenus grâce aux techniques de fabrication des couches minces s'élargit-il toujours davantage mais les techniques mêmes qui servent à les fabriquer se diversifient sans cesse. La maîtrise de ces techniques exigera du temps mais l'équipe du CNRC a déjà fait un bon bout de chemin depuis quelques années. De conclure Webb: "Nous ne connaissons peut-être pas encore toutes les réponses, mais celles que nous possédons comptent parmi les plus importantes." ☾

# Les économiseurs d'essence

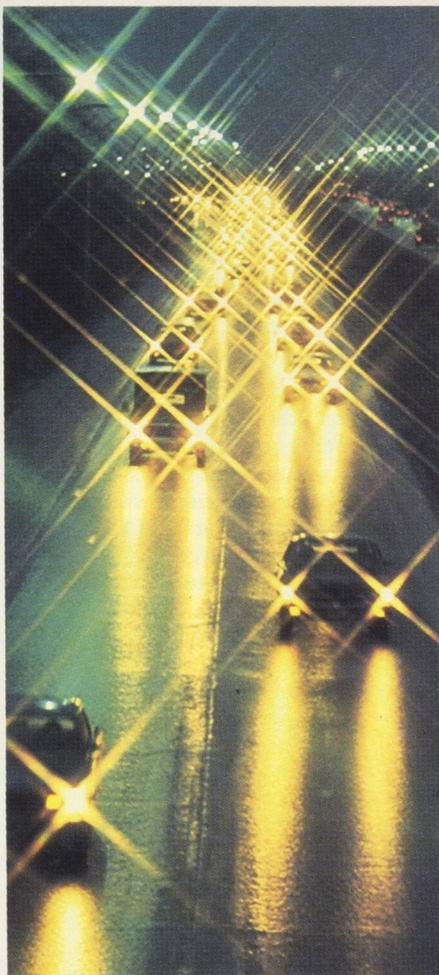
## Un attrape-nigaud?

par Michel Brochu

**E**n tant qu'automobiliste, que diriez-vous d'un petit bidule qu'il vous suffirait d'ajouter à votre carburateur pour "réduire votre consommation d'essence", "améliorer le rendement de votre moteur" ou "le faire durer plus longtemps"? Dans la même veine, peut-être avez-vous remarqué dans une revue une publicité accrocheuse vantant les mérites d'un additif au nom impressionnant qu'il vous suffit, paraît-il, d'ajouter à votre huile ou à votre essence pour obtenir les mêmes résultats mirobolants. Vous trouvez que ça semble trop beau pour être vrai? Selon Martin Friend, chercheur au laboratoire des combustibles et des lubrifiants de la Division de génie mécanique du CNRC, à Ottawa, vous avez fort probablement raison de vous méfier de tous ces "économiseurs d'essence" dont la grande majorité sont tout simplement inefficaces, et dont certains sont même carrément dangereux pour votre moteur... et votre portefeuille.

À titre de membre d'un comité interministériel fédéral chargé d'étudier les mérites de nombreux types de prétendus économiseurs d'essence, le CNRC a eu l'occasion d'examiner des centaines de produits et d'additifs et la conclusion des spécialistes de son laboratoire des combustibles et des lubrifiants est que la prudence et le scepticisme sont de rigueur dans ce domaine où le consommateur est vulnérable et la fraude particulièrement répandue.

Comme l'explique Martin Friend, la principale difficulté dans ce domaine est l'absence d'une législation couvrant la vente de ces "économiseurs d'essence" au Canada. Nos fabricants d'automobiles sont soumis à diverses législations couvrant les questions de sécurité, de consommation d'essence et limitant la pollution par les gaz d'échappement, mais dès qu'un vendeur d'automobiles vous remet les clés d'une belle voiture neuve, c'est à vous de vous débrouiller:



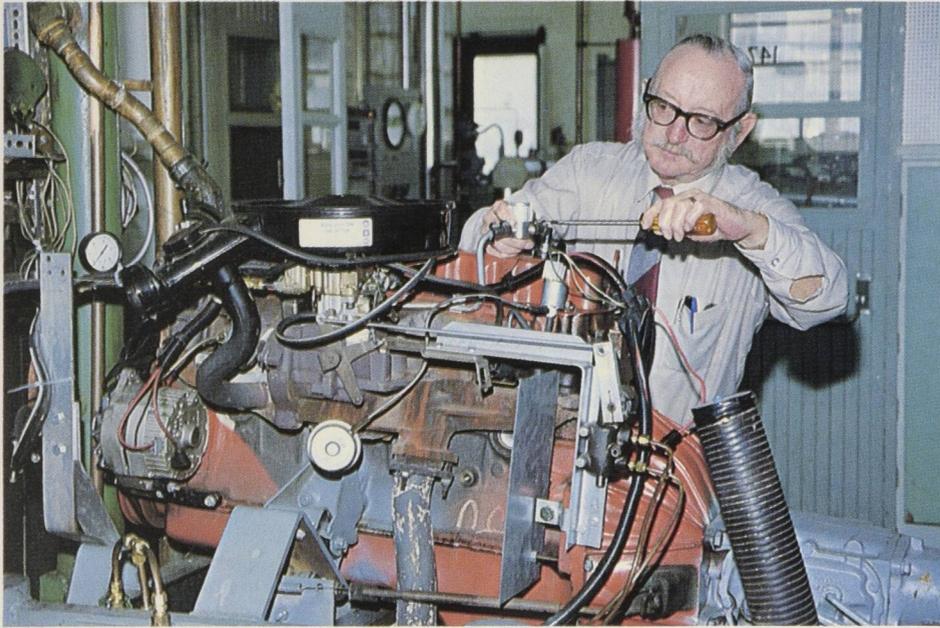
Centre de photographie du gouvernement canadien

aucune législation ne couvre l'entretien de son moteur ou les additifs que vous pourriez être tenté d'ajouter à son essence ou à son huile.

Votre principale protection en la matière, bien qu'elle ne soit pas à toute épreuve, est la législation couvrant la réclamation publicitaire. Souvent, les fabricants d'économiseurs d'essence s'inspirent des publicités pour dentifrice ("le dentifrice

Beldent aide à combattre la carie") ou pour savon à lessive ("le savon Sanbon donne à votre linge une fraîcheur printanière") et font des affirmations ronflantes mais qui ne veulent absolument rien dire: "Aide à réduire votre consommation d'essence", ou "Donne un meilleur rendement". En pareil cas, le consommateur est vraiment désarmé du fait qu'il n'y a pas de norme canadienne quantitative s'appliquant aux "économiseurs d'essence". Par contre, si un fabricant affirme dans sa publicité qu'un dispositif ou additif réduit de 20% la consommation d'essence, par exemple, le ministère fédéral de la Consommation et des Corporations fait vérifier la chose par les spécialistes d'un comité interministériel dont font partie le CNRC, Transports Canada et Environnement Canada. Au sein de ce comité, le CNRC se charge de l'évaluation en laboratoire du rendement des moteurs alors que Transports Canada effectue les essais routiers à sa piste d'essais de Sainte-Thérèse de Blainville (au nord de Montréal) et qu'Environnement Canada étudie la question des émissions de gaz polluants. S'il est possible de démontrer qu'un fabricant diffuse une publicité mensongère et frauduleuse, le ministère de la Consommation et des Corporations lui intente alors une poursuite pour protéger le consommateur.

Lorsqu'un nouveau type d'économiseur d'essence est apporté à Martin Friend, il lui suffit souvent de consulter ses dossiers pour trouver des références à une bonne douzaine de dispositifs identiques et dont l'inefficacité ne fait aucun doute. Il n'y a rien de nouveau sous le soleil et il y a des dizaines d'années que des inventeurs s'acharnent sans succès à inventer le carburateur miracle qui mettra le moteur à la diète en lui servant un mélange d'air et d'essence plus pauvre. Après des années d'essais en laboratoire, Martin Friend s'est bâti une collection hétéroclite de certains d'économiseurs d'essence tout aussi inutiles les uns que



*Martin Friend se prépare à mesurer l'effet d'un dispositif ajouté à un moteur d'automobile sur la consommation d'essence.*

les autres. Comme les agents secrets, ces dispositifs ont d'ailleurs tendance à posséder plusieurs noms et réapparaissent périodiquement sous un nouveau nom et dans un nouvel emballage.

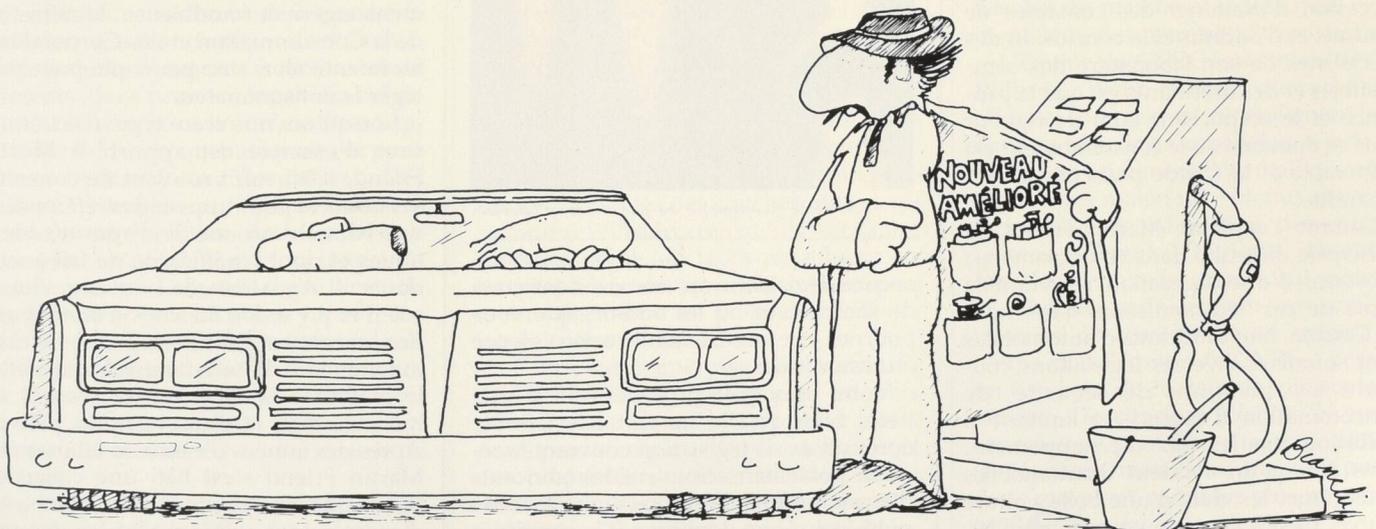
Quand des essais en laboratoire s'avèrent nécessaires pour tester un dispositif aux caractéristiques inhabituelles ou un nouvel additif, les spécialistes du laboratoire des combustibles et des lubrifiants du CNRC en font une évaluation rigoureuse dans des conditions soigneusement contrôlées, au moyen de moteurs d'automobiles montés sur banc d'essai. Se servant de toute une panoplie d'instruments pour mesurer et fixer les moindres paramètres du moteur — température de son huile, vitesse, charge mécanique, etc. — ils en comparent le rendement avec et sans l'additif ou le dispositif à l'essai pour en mesurer avec précision les effets.

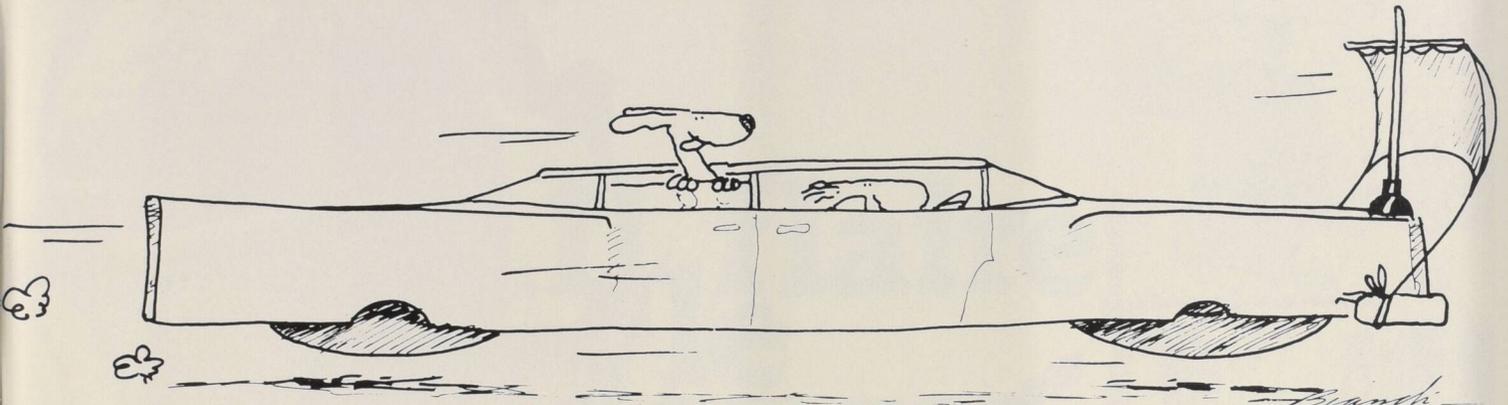
Naturellement, on demande souvent à Martin Friend s'il a déjà testé un "économiseur d'essence" qui fonctionnait vraiment. Sa réponse est toujours la même: "Nous avons déjà essayé certains dispositifs qui améliorent légèrement le rendement d'une voiture, mais à un degré bien moindre que ce qu'affirmait la publicité. Je suis prêt à admettre qu'il y a une ou deux petites choses que vous pourriez faire pour réduire de 2 ou 3% la consommation d'essence de votre voiture mais, en tant qu'automobiliste, vous seriez bien incapable de vérifier la chose car la simple différence de température d'une journée à l'autre ou votre façon de conduire peuvent faire varier de 25% la consommation d'essence!"

"En outre, même si un dispositif réduisait de 2 ou 3% votre consommation d'essence, ce ne serait pas nécessairement

avantageux parce que beaucoup de ces économiseurs d'essence ont des effets secondaires tout à fait déplaisants: dépôts de carbone dans votre moteur ou usure prématurée, par exemple. Plusieurs d'entre eux n'ont tout simplement aucun effet ou réduisent même le rendement de votre voiture. Par exemple, pour démarrer, votre moteur a besoin d'un mélange air-essence un peu plus riche en essence, pendant une ou deux minutes. Certains inventeurs sabotent le carburateur avec un bidule qui injecte plus d'air dans le mélange pour "économiser de l'essence". Vous économiserez quelques gouttes d'essence mais vous risquez d'avoir de la difficulté à faire démarrer votre voiture."

Le domaine de l'automobile est riche en mythes et en rumeurs suspectes dont la plus durable a trait au carburateur miracle permettant de diminuer la consommation d'essence de moitié, que Détroit a soi-disant acheté et caché quelque part pour maintenir les bénéfices exorbitants des compagnies pétrolières! Beaucoup de bricoleurs cherchent la pierre philosophale, le dispositif simple qui révolutionnerait l'industrie automobile en réduisant substantiellement la consommation d'essence des voitures. Ce qu'ils ne comprennent pas toujours c'est que l'automobile d'aujourd'hui est le fruit de cent ans de recherches intenses et qu'aucune machine n'a probablement fait l'objet d'autant d'efforts pour l'améliorer. Naturellement, au début du vingtième siècle, les automobiles étaient des machines bien primitives et il arrivait souvent qu'un inventeur isolé arrive à apporter une amélioration substantielle à sa voiture par une modification mécanique assez simple. Mais de nos jours, les grands constructeurs d'automobiles dépensent des milliards de dollars pour réduire la consommation d'essence de leurs voitures et il est pratiquement impossible de faire mieux qu'elles simplement en versant un additif dans votre réservoir d'essence ou en bricolant votre carburateur.





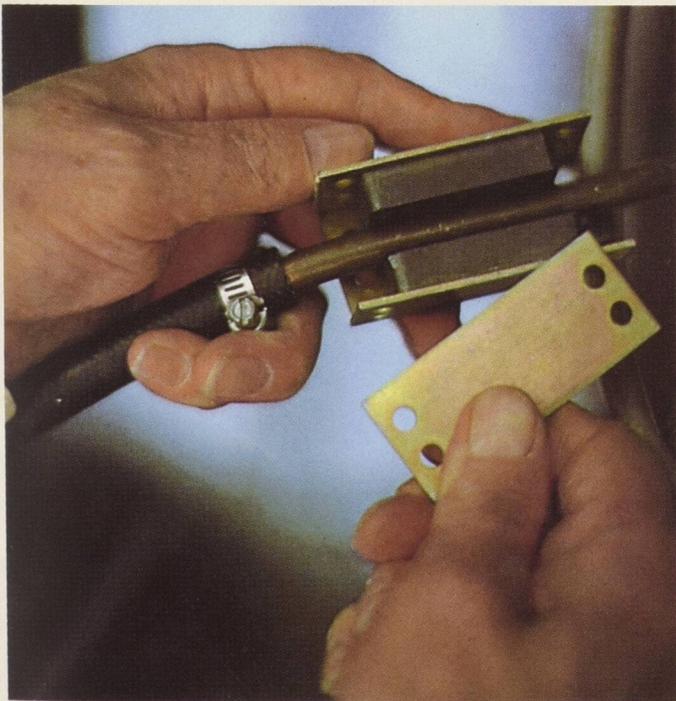
John Bianchi

Du reste, la publicité de plusieurs fabricants d'économiseurs d'essence reflète souvent une complète ignorance de la mécanique automobile ou contient des erreurs scientifiques élémentaires. Un exemple qu'aime à citer Martin Friend est celui des additifs pour huile à moteur qui contiennent des particules de Teflon; ces particules sont censées recouvrir l'intérieur de votre moteur d'une fine couche de Teflon, ce qui réduirait le frottement. Mais selon la compagnie Dupont Limitée, fabricant du Teflon, pour faire adhérer ce produit à un métal, celui d'une poêle à frire par exemple, il faut enlever toute trace d'huile ou de graisse!

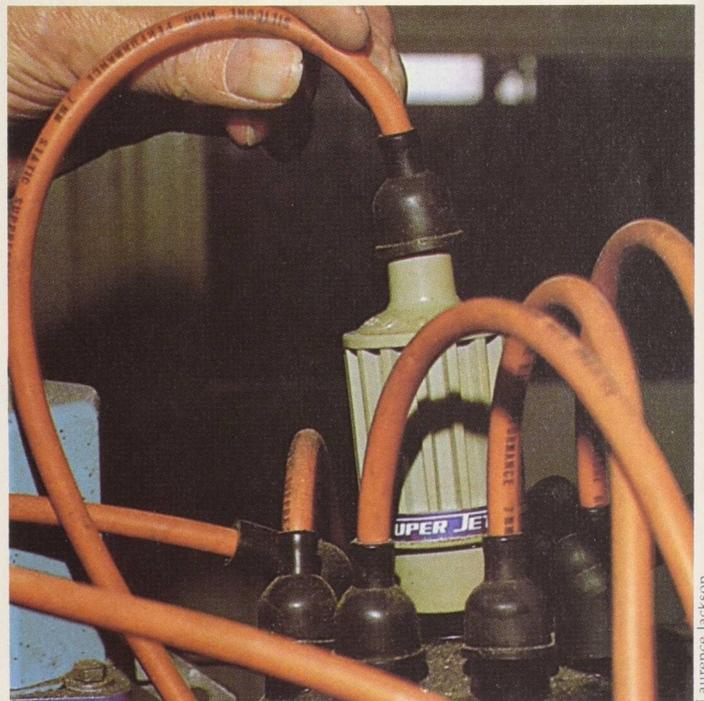
Ces dernières années, Martin Friend et ses collègues ont eu l'occasion de témoigner des dizaines de fois, à titre de spécialistes de la mécanique automobile, dans des causes impliquant des fabricants "d'économiseurs d'essence" poursuivis

pour publicité trompeuse ou frauduleuse par Consommation et Corporations Canada. C'est une tâche qui exige beaucoup de temps et d'effort car il faut échanger beaucoup de correspondance, effectuer des essais minutieux et participer à des semaines de procès pour chaque cause portée devant les tribunaux. Il s'agit également d'une activité un peu en marge des priorités de recherche du laboratoire des combustibles et des lubrifiants dont les travaux principaux portent sur des domaines comme le recyclage des huiles usées, les nouveaux carburants Diesel tirés des sables bitumineux, et l'établissement de normes techniques internationales, mais Martin Friend et ses collègues croient qu'il est de leur devoir de mettre leurs connaissances techniques au service du consommateur pour le protéger de la publicité trompeuse dans le domaine de l'automobile. ☾

Que pouvez-vous faire, en tant qu'automobiliste, pour réduire la consommation d'essence de votre voiture et améliorer son rendement? Selon Martin Friend, c'est peine perdue que de trafiquer votre moteur en y ajoutant des dispositifs économiseurs d'essence ou de gaspiller votre argent à acheter des additifs "magiques" pour votre essence ou votre huile à moteur. Le secret d'une faible consommation d'essence est tout simple: effectuer le programme normal d'entretien, de mise au point et de changements d'huile recommandé par le fabricant de votre automobile, conduire prudemment, à une vitesse modérée, éviter les accélérations brutales et garder vos pneus gonflés à la pression recommandée.



Ce pseudo-économiseur d'essence contient deux aimants disposés de part et d'autre d'une canalisation d'essence; le fabricant prétend que leur champ magnétique "réarrange" les molécules d'essence.



Ce dispositif de couleur olive est censé permettre aux bougies de produire une plus grosse étincelle. Martin Friend dit qu'il est sans valeur.

Laurence Jackson

# Il flaire le danger

par Margaret Shibley Simmons

Adaptation française: Claude Devismes



John Bianchi

Un échantillonneur d'air à la main, un homme se tient à côté de la cabine d'un DC-9. Après s'être éloigné de l'avion, il retire une petite cartouche métallique de l'instrument et l'introduit dans un analyseur pas plus gros qu'une petite mallette. En quelques minutes il a les résultats: des explosifs sont dissimulés à bord. Une inspection le confirme avec la découverte d'un bâton de dynamite placé sous l'un des sièges de l'avion.

C'est fantastique, non? Pas tant que cela! Il existe déjà des appareils similaires sur le marché depuis un certain temps. La nouveauté, c'est sa taille (en effet les modèles existants sont beaucoup plus volumineux et certains ne peuvent être transportés que par un camion) et, surtout, sa sensibilité, qui est infiniment supérieure à celle de toute autre réalisation connue. Je vous laisse imaginer ses applications particulièrement dans un monde en proie à un terrorisme et à des détournements d'avions croissants. Une simple analyse de l'air diffusé par le système de climatisation d'un bâtiment suffira à la police pour distinguer les vraies des fausses alertes à la bombe. Les gérants d'immeubles particulièrement menacés pourraient utiliser un renifleur en permanence pour analyser l'air à chaque point d'entrée.

C'est au début des années 70, alors que les détournements d'avions atteignaient un niveau endémique, qu'est apparue la nécessité de disposer d'un détecteur d'explosifs et c'est également à cette époque que le Comité de la sécurité aérienne du CNRC s'intéressa à la chromatographie en phase gazeuse pour détecter des explosifs. Le Dr Lorne Elias, de l'Établissement aéronautique national du CNRC, l'avait déjà utilisée pour suivre la diffusion des antiparasitaires véhiculés par les courants aériens lors d'opérations d'épandage par avion.

Après plusieurs années d'étude et d'essais, le Dr Elias et ses collègues du laboratoire d'aérodynamique instationnaire de l'ÉAN mettaient au point un prototype et de nouvelles techniques d'échantillonnage et d'analyse permettant la détection de substances à des concentrations de quelques parties par billion ( $10^{-12}$ ) sans pénalité de poids et d'encombrement. La partie tenue à la main par l'opérateur fait passer l'air dans une cartouche qui retient les traces d'explosifs révélatrices. Comme indiqué au début de l'article, la cartouche est introduite dans un chromatographe gazeux (CG) spécial. Le CG sépare et distingue les vapeurs explosives recherchées parmi une myriade d'autres odeurs et vapeurs également présentes dans l'échantillon d'air et les quantifie une par une. Tout est terminé en quelques minutes. Essayé dans des conditions réelles d'utilisation par le CNRC et Transports Canada, l'instrument a donné d'excellents résultats.

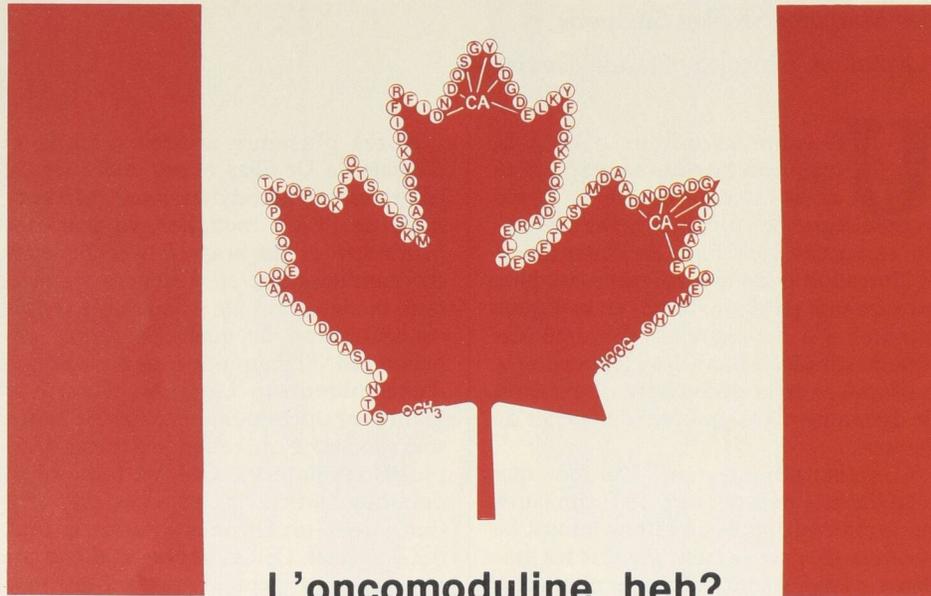
Aujourd'hui, tant Transports Canada que les organismes canadiens chargés de l'application de la loi s'y intéressent énormément. Le Bureau du Projet de la sécurité publique de l'ÉAN a donc décidé d'en construire six prototypes en vue de recueillir in situ les données nécessaires à la réalisation d'un modèle commercial. L'atelier des maquettes de la Division de génie électrique du CNRC a conçu un nouveau boîtier encore moins encombrant et l'atelier scientifique de l'Université Carleton a réalisé un microprocesseur numérique qui fera partie intégrante du dispositif. Les six renifleurs en question sont actuellement préparés en vue d'essais réels et plusieurs compagnies canadiennes ont offert d'entreprendre la fabrication en série.

# Un régulateur d'origine tumorale

par Bill Atkinson

Adaptation française: Claude Devismes

## Première partie: Une nouvelle protéine associée au cancer



L'oncomoduline, heh?

John MacManus

**D**es chercheurs du CNRC ont découvert une protéine qui ne semble se manifester qu'en présence du cancer.

Ces travaux, comme la plupart des travaux de recherche, s'appuient sur des investigations précédentes. Depuis un certain nombre d'années déjà, le groupe de physiologie cellulaire du CNRC étudie la *calmoduline*, protéine qui pourrait bien être le régulateur général des processus vitaux. Cette calmoduline (le mot signifie "régulateur du calcium") est présente dans chaque cellule dont la complexité dépasse celle d'une bactérie; elle fixe les ions calcium aux sites récepteurs internes pour "activer" les processus biologiques, des enzymes à la réplication de l'ADN. En découvrant une concentration particulièrement élevée de calmoduline dans les cellules cancéreuses, les scientifiques du CNRC se sont demandés si une cellule normale ne deviendrait pas cancéreuse parce que son régulateur de calcium, la calmoduline, se bloque en position "d'activation". Poursuivant leurs travaux, les scientifiques du groupe de phy-

*Fort à propos (du fait qu'elle a été découverte dans les laboratoires du CNRC à Ottawa), la molécule d'oncomoduline épouse presque parfaitement le dessin de la feuille d'érable. "Je n'ose plus la montrer aux États-Unis parce qu'on me demande toujours de parler de l'oncomoduline B", nous a dit MacManus.*

siologie cellulaire découvraient quelque chose d'entièrement nouveau. Écoutons le Dr John MacManus, qui a dirigé ces récentes investigations:

"Les cellules cancéreuses que nous avons examinées il y a trois ans et demi étaient remplies de sites récepteurs de l'ion calcium et ceci nous conduisit d'abord à penser que ces sites étaient tous situés sur la calmoduline. C'est effectivement le cas pour un grand nombre d'entre eux. Mais nous avons également eu la grande surprise de découvrir une protéine fixatrice de calcium entièrement nouvelle et qui semble spécifique de la cellule transformée. Mon chef, Jim Whitfield, l'a appelée *oncomoduline*, mot qui signifie 'régulateur d'origine tumorale', et elle nous a conduit de surprise en surprise."

La première surprise fut bien sûr l'existence même de cette oncomoduline. La calmoduline est présente dans des cellules aussi différentes que celles du cheval, de l'homme, de l'épinard et des alcyonaires. Par contre, on ne rencontre l'oncomoduline que dans les tumeurs et le sang de rats cancéreux. Après avoir laborieusement établi la séquence de l'oncomoduline du rat pour déterminer le type et la structure de ses acides aminés constitutifs, les chercheurs du laboratoire de génétique moléculaire du CNRC eurent d'autres surprises (voir la deuxième partie: *Établissement de la séquence de l'oncomoduline*). La nouvelle protéine du cancer n'était ni un précurseur ni un dérivé de la calmoduline mais un membre entièrement nouveau de la même famille. Si la calmoduline active des enzymes qui ne réagissent pas à l'oncomoduline, il existe toutefois d'autres enzymes qui sont activées par ces deux protéines. Ceci a amené les chercheurs du CNRC à se demander si l'oncomoduline ne serait pas présente dans chaque cellule cancéreuse et uniquement dans ces cellules. Avaient-ils enfin découvert l'indice signalant la présence d'un cancer?

La réponse est négative: les collègues de MacManus ne décelèrent pas l'oncomoduline dans toutes les tumeurs examinées mais, atteignant 85%, la corrélation était cependant suffisamment élevée pour attirer l'attention des spécialistes et, en particulier, de l'*U.S. National Institute of Health*, qui a donné plusieurs centaines de milliers de dollars au CNRC pour la poursuite des travaux.

Si l'oncomoduline diffère de la calmoduline, à quelles substances ressemble-t-elle donc? "Aussi surprenant que cela paraisse, l'oncomoduline du rat est très homogène, avec les mêmes polypeptides que ceux que l'on trouve dans les poissons primitifs comme le coelacanthé", précise MacManus, qui ajoute: "En fait elle ressemble plus à une protéine musculaire de poisson que de mammifère."

D'autres surprises attendaient les chercheurs. Des techniques biochimiques particulièrement précises ont récemment permis d'identifier dans des tumeurs humaines de l'oncomoduline ressemblant à celle du rat; les mêmes méthodes n'ont pas encore permis d'établir sa présence dans des cellules de rat ou humaines normales. Déceler la substance en question est une chose mais il est beaucoup moins facile de recueillir de l'oncomoduline humaine en quantités suffisantes pour établir sa séquence. D'ailleurs, MacManus pense qu'il en laissera le soin à d'autres laboratoires.

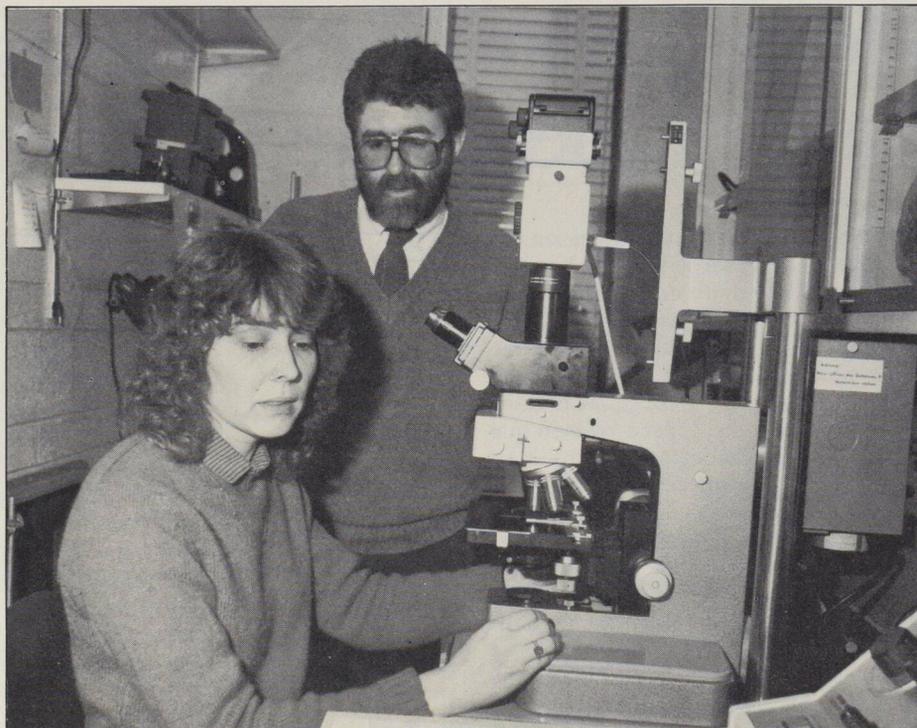
Selon ce chercheur, il y a chez cette substance trois choses qui intriguent. "La première est qu'elle apparaît dans les tumeurs quelle qu'en soit l'origine (virale, chimique ou spontanée). La deuxième est

qu'elle ne dépend pas du site de la tumeur: on la rencontre dans les cancers de l'intestin, du foie, des muscles ou du poumon. Elle n'est donc pas universelle, c'est vrai, mais elle est aussi près de l'être que n'importe quelle protéine du cancer découverte jusqu'à présent et l'on doit donc en conclure qu'elle joue un rôle au sein des tumeurs où on la trouve. Je pense qu'elle doit d'une façon quelconque amplifier le potentiel de réaction d'une tumeur, en augmentant l'adaptabilité."

On en arrive au troisième point et c'est la perspective d'applications concrètes plutôt que de recherche fondamentale. Une protéine facilement identifiable offrant un facteur de corrélation de 85% avec n'importe quelle autre tumeur de l'organisme a un potentiel énorme en tant que signal d'alarme clinique. Cette particularité pourrait être exploitée d'au moins deux façons: pour les tests de carcinogénéité chez l'animal et de diagnostic du cancer chez les humains. L'animal sert l'homme de bien des manières mais il n'en est aucune qui le serve plus utilement qu'en lui permettant de déterminer l'oncogénéité ou la non-oncogénéité des substances testées. Il faut actuellement des années (et beaucoup de statistiques) pour démontrer l'existence d'un lien entre un produit chimique comme le PCB et l'accroissement de l'incidence du cancer. Un signal d'alarme précoce grâce auquel on pourrait identifier les animaux atteints de cancer plus rapidement que par les méthodes d'examen habituelles ferait gagner des mois et, compte tenu du grand nombre de tests, économiser des millions de dollars. Les mêmes remarques s'appliquent au diagnostic du cancer humain, avec l'avantage supplémentaire de sauver des vies humaines.

Ceci explique pourquoi le monde insulaire de MacManus a été récemment bouleversé par une petite invasion de l'industrie pharmaceutique canadienne. "Chaque chercheur rêve d'une découverte qui attirerait ce genre d'attention", nous dit-il, "mais je serais tout aussi satisfait si la première expérience que j'en ai s'avérait également être la dernière. Je préfère travailler dans une obscurité féconde." Il devra probablement patienter car des compagnies américaines se montrent maintenant également intéressées. Selon MacManus, les contacts industriels forcent le chercheur à modifier sa façon de penser de bien étrange manière en l'amenant à donner plus de poids à l'application des faits qu'aux faits eux-mêmes. De toute évidence, il préfère le laboratoire à la salle de conférences.

Quel genre de révélations peut-on attendre du laboratoire sur l'oncomoduline? Comme bien des scientifiques, MacManus souligne que c'est la nature qui aura le dernier mot mais certaines choses semblent déjà probables. Les



*Les Drs John MacManus et Linda Brewer, l'assistante de recherche canadienne recrutée grâce à une subvention de l'U.S. National Institute of Health. Cette équipe essaye maintenant de déterminer si l'oncomoduline est présente dans les cellules musculaires normales des foetus de rats.*

théories actuelles considèrent que le cancer est une expression anormale de gènes normaux, de telle sorte qu'aucune cellule cancéreuse ne peut fabriquer quoi que ce soit qu'une cellule normale ne pourrait utiliser à un moment donné de son existence. Le cancer fait cependant (dans cette perspective) exception à la règle en fabriquant des substances appropriées au mauvais moment et indéfiniment. Certaines de ces protéines inopportunes semblent apparaître au cours du développement foetal. On peut donc penser que le cancer emploie des techniques (comme la prolifération ultrarapide des cellules) utiles avant la naissance mais qui deviennent mortelles au stade adulte. Pour cette raison, l'équipe de MacManus examinera l'oncomoduline présente dans les tissus de rats foetaux et "escompte obtenir des résultats d'ici la fin de l'année".

L'aptitude métastatique de la cellule cancéreuse, qui est la plus redoutable de ses caractéristiques, pourrait bien lui être conférée par l'oncomoduline, que l'origine naturelle de cette substance soit foetale ou non. Une tumeur est une chose et le cancer serait déjà bien assez dangereux comme cela s'il restait là où il apparaît pour la première fois. Mais, dans la plupart des types de cancer, des cellules vagabondes se séparent de la tumeur prin-

cipale et amorcent des tumeurs secondaires dans d'autres parties de l'organisme. Cette horrible particularité, appelée métastase, est observée dans la plupart des morts par cancer. Alors que les cellules normales ont presque toujours besoin d'une surface pour se développer, les cellules cancéreuses peuvent très bien survivre sans avoir recours à un substrat quelconque. Se dilatant comme des envahisseurs appartenant à une autre espèce, elles se faufilent entre les cellules des vaisseaux sanguins et empruntent le système circulatoire jusqu'à ce qu'elles détectent un tissu sur lequel elles jettent leur dévolu. Elles se dilatent alors une seconde fois pour sortir du système sanguin et s'enfouir dans le poumon, le cerveau ou le sein et donner naissance à une tumeur fille. Comment et pourquoi elles le font, personne ne le sait. Nous laisserons la conclusion à MacManus:

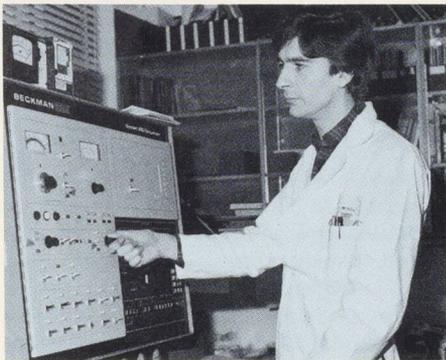
"Nous savons au moins que les cellules cancéreuses doivent leur puissance dévastatrice à leur adaptabilité, qui leur permet de franchir sans difficulté les microfissures tissulaires pendant la métastase. Cette propriété est à son tour fonction de leur aptitude à modifier leur cytosquelette, qui est la structure rigide que les cellules normales assemblent et désassemblent avec l'aide de la calmoduline. Ainsi donc, lorsque je m'enfonçais dans mon fauteuil, j'en arrive à me demander si l'oncomoduline, qui est la 'calmoduline' de la plupart des tumeurs, ne contribuerait pas à l'exceptionnelle adaptabilité du squelette de la cellule cancéreuse métastatique. Si tel est le cas..."

Si tel est le cas, ce régulateur d'origine tumorale nous réserve alors encore bien des surprises.

# Deuxième partie: Etablissement de la séquence de l'oncomoduline

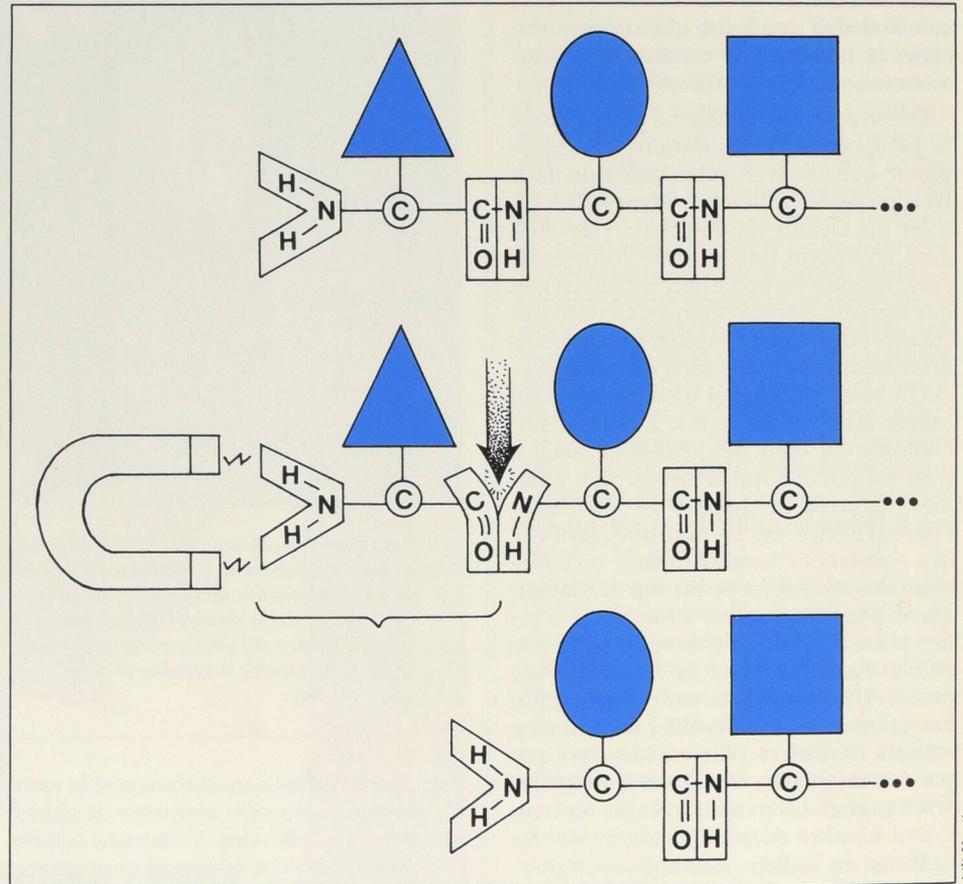
**D**ave Watson est un technicien qui travaille avec le Dr Mak Yauchi au laboratoire de génétique moléculaire du CNRC. En janvier 1982, il lui fut remis une quantité infinitésimale d'une nouvelle protéine étrange découverte par John MacManus et autres dans des tumeurs de rats. C'est à Watson que revint la tâche d'aider MacManus à en déterminer la "structure primaire".

Comme chacun sait, on ne peut pas vivre sans protéines. Elles entrent dans la composition des cheveux, des cartilages et des muscles humains; l'insuline, l'interféron et l'hormone de croissance sont des protéines. Toutes ces substances renferment une succession d'éléments chimiques plus simples que l'on appelle des acides aminés et qui sont reliés entre eux par des "liaisons peptidiques" identiques, le tout formant une chaîne. On ne pourra donc caractériser une protéine qu'après avoir identifié ses acides aminés et déterminé leur disposition séquentielle. D'autres méthodes seront ensuite appliquées pour décrire ses plis et ses chaînes latérales. Mais toutes ces descriptions s'appuient sur la "structure primaire" de la séquence de ses acides aminés.

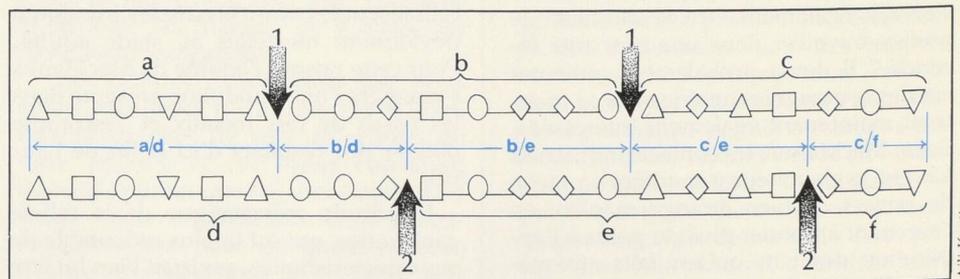


Dave Watson, qui a établi la séquence de l'oncomoduline de rat au bout de 12 mois de travail (janvier à décembre 1982).

Comment procède-t-on pour établir cette séquence? Les techniciens de laboratoire commencent habituellement par une extrémité de la chaîne et séparent les acides aminés un à un. Ils identifient ensuite chaque acide aminé ainsi isolé à l'aide de tests standard. Il fut un temps où cela se faisait manuellement mais on dispose maintenant de machines informatisées qui se chargent automatiquement des premières étapes de la détermination de la séquence, arrivant à identifier jusqu'à 18 acides aminés en une seule journée de travail ininterrompu.



L'établissement de la séquence des protéines: la théorie. Toutes les protéines sont composées d'une chaîne d'acides aminés (formes colorées) dont la longueur peut atteindre de nombreuses centaines d'unités. À une extrémité (à gauche) se trouve  $\text{NH}_2$ , qui est un groupe 'd'acides aminés'; et à l'autre  $\text{COOH}$ , qui est un 'groupe carboxyle' (à droite). Les liaisons peptidiques lient les acides aminés entre eux. Lorsqu'on utilise une méthode classique de séquençage appelée dégradation d'Edman, le réactif appelé PITC (représenté ici par un aimant) se fixe sur le groupe d'acides aminés et affaiblit la liaison peptidique entre le premier et le second acide aminé. Un deuxième réactif (flèche) assure la séparation de cette liaison affaiblie, libérant le premier acide (triangle coloré) pour l'analyse. Le processus est ensuite répété à l'aide d'une machine informatisée pour une série de trente à quarante acides aminés.



Comment peut-on établir la séquence des 108 acides aminés de l'oncomoduline du rat lorsque la machine ne peut traiter que trente à quarante acides aminés à la fois? Réponse: vous réduisez la totalité de la protéine en fragments à l'aide d'un réactif (flèches #1) et vous établissez la séquence de chacun de ceux-ci. En répétant la procédure une deuxième fois avec un autre réactif qui sépare l'oncomoduline entre deux acides aminés distincts (flèches #2), on constate que certaines séquences des deux séries de fragments se chevauchent. Les chevauchements (couleur) révèlent la totalité de la séquence en montrant comment les fragments coïncident. Un troisième séquençage, à l'aide d'un autre réactif, sert de contrôle.

Du moins, cela se passe-t-il ainsi en théorie. Mais comme nous le rappelle une variante de la loi de Murphy: "Ce n'est jamais aussi simple". Laissons donc Dave Watson nous parler des 12 mois de travail qu'il lui a fallu pour établir la séquence de l'oncomoduline.

"Posté à l'une des extrémités de la plupart des protéines on trouve un groupe d'acides aminés,  $\text{NH}_2$ ; l'autre extrémité exhibe un groupe carboxyle,  $\text{COOH}$ . La dégradation d'Edman, qui est la méthode habituellement utilisée pour établir la séquence de cette protéine, amène une substance chimique appelée PITC à se fixer sur le groupe d'acides aminés. Cette réaction affaiblit la liaison peptidique entre le premier et le second acide aminé de la chaîne protéique. Un acide spécial sectionne ensuite cette liaison et enlève l'acide #1 pour que l'on puisse l'analyser. Lorsque ceci se produit, un nouveau groupe  $\text{NH}_2$  émerge sur le deuxième acide aminé, permettant la répétition du processus. Tout ceci peut être accompli à l'aide d'une machine." (Illustration A)

"Dans la pratique, les choses se compliquent après qu'on ait identifié de trente à quarante acides aminés par cette méthode. Des réactions secondaires se produisent dans la machine et le 'parasitage' qui en résulte finit par obscurcir les résultats que vous recherchez.

"Vous décidez alors de rompre la chaîne d'acides aminés pour obtenir des fragments par l'addition d'un réactif (produit chimique ou enzyme) qui brise la liaison peptidique entre deux acides aminés spécifiques. Chacun des fragments créés a sa propre séquence d'acides aminés se terminant comme son 'progéniteur' par un groupe  $\text{NH}_2$  à une extrémité et un groupe carboxyle à l'autre. On peut établir la séquence de ces fragments en n'en prenant qu'un seul à la fois, à la condition toutefois d'être favorisé par la chance et que la longueur de la chaîne n'excède jamais trente à quarante acides aminés!

"Ce 'séquençage' partiel doit être répété, faute de quoi nous aurions plusieurs chaînes séquencées mais nous ne saurions pas comment elles étaient liées entre elles. Nous avons donc recours à un deuxième réactif qui rompt la chaîne dans sa totalité entre les acides aminés qui n'ont pas été séparés lors de la première opération. Après avoir établi la séquence de cette deuxième série de fragments, nous pouvons voir les points de concordance de leurs séquences d'acides aminés avec celles de la première série. C'est ce que nous appelons le 'chevauchement'; une troisième division à l'aide d'un autre réactif sert de contrôle.

"Jusqu'ici, rien de très compliqué. Mais l'oncomoduline s'est avérée particulièrement difficile à élucider. Pour commencer, un groupe *n*-acétyle était collé au groupe initial d'acides aminés  $\text{NH}_2$ , rendant impossible une dégradation d'Edman classique parce que le PITC ne voulait tout simplement pas se fixer. Nous avons dû morceler l'oncomoduline en une série de fragments plus petits puis isoler chaque fragment et en établir la séquence par la dégradation d'Edman. Malgré cela, le fragment terminal de  $\text{NH}_2$  contenant le bloc *n*-acétyle nous causa des problèmes. Nous avons été obligés d'établir la séquence de ce fragment qui contient les trois premiers acides aminés de l'oncomoduline en dernier, et en partant de l'extrémité carboxyle.

"L'oncomoduline du rat contient au total 108 acides aminés. Les 105 premiers ont pu être traités en dix mois, mais il nous a fallu pas moins de deux mois de plus pour caractériser les trois derniers, soit, proportionnellement, sept fois plus de temps!"



### Correspondance- réponse d'affaires

Se poste  
sans timbre  
au Canada

Le port sera payé par

Conseil national  
de recherches Canada

**OTTAWA  
CANADA  
K1A 9Z9**

DÉCOUPEZ

1983/3

ORDER FORM		FORMULAIRE D'ABONNEMENT	
<input type="checkbox"/>	I wish to receive <b>Science Dimension</b> in English	<input type="checkbox"/>	Je préfère recevoir <b>Dimension Science</b> en français
<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"/>	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 <input type="checkbox"/>	

NAME / NOM \_\_\_\_\_

TITLE / TITRE \_\_\_\_\_

ORGANIZATION / ORGANISME \_\_\_\_\_

STREET / RUE \_\_\_\_\_

CITY / VILLE \_\_\_\_\_

PROVINCE \_\_\_\_\_ POSTAL CODE / PAYS \_\_\_\_\_

Canada

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