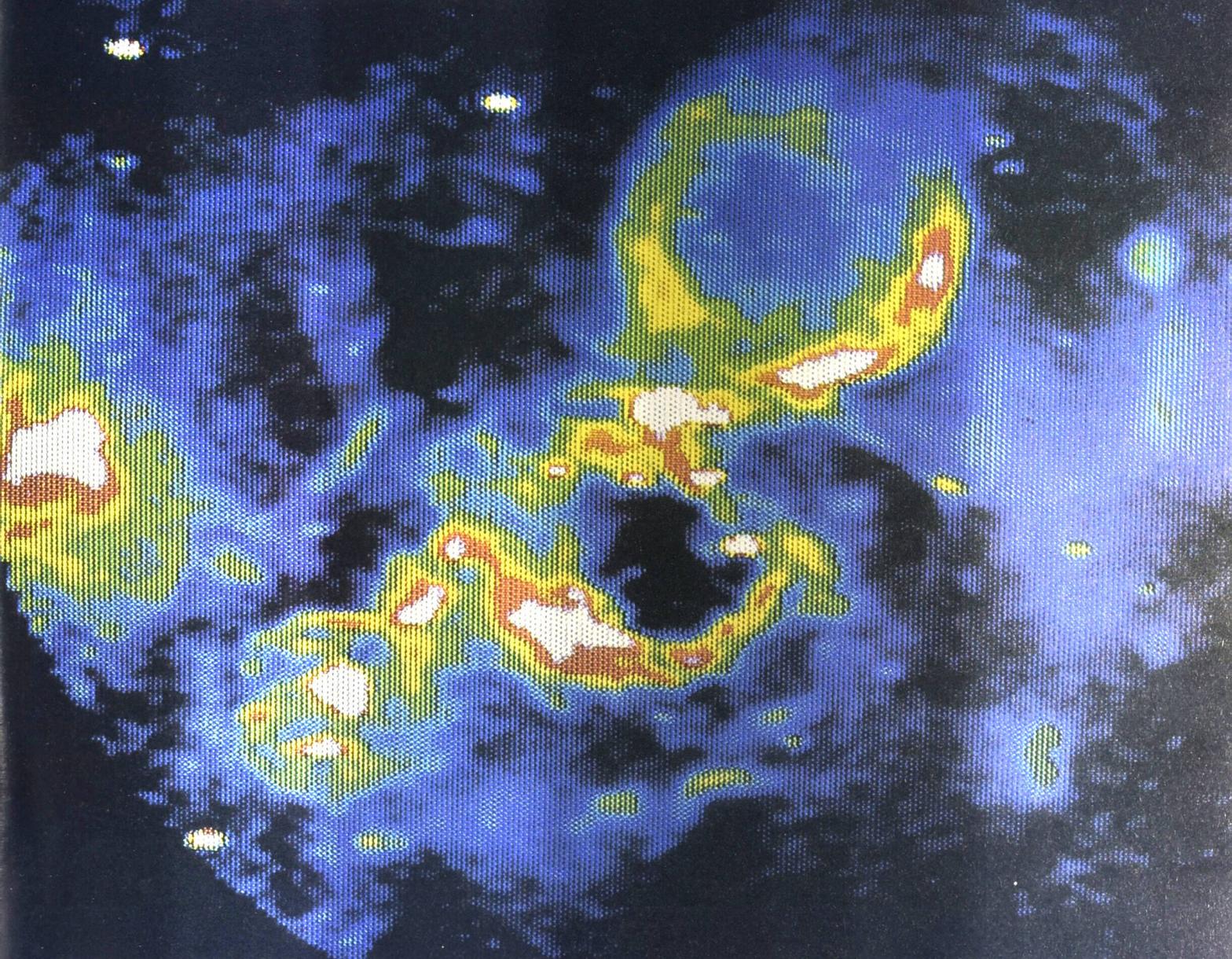


SCIENCE DIMENSION

1984/3

RADIO ASTRONOMY



KILLER FUNGI • CULTURE IMPROVES CASSAVA

Bill McGowan: new director of the National Museum of Science and Technology.

The last few years have been turbulent ones for Canada's four national museums, with widespread press reports of "desperate conditions" due to underfunding and inadequate facilities. But the purse strings have now been loosened and more than \$200 million is being spent on new buildings in the national capital area.

As of last January, the new director of the National Museum of Science and Technology is Dr. William McGowan, a 52 year old physicist from London, Ontario. Like his predecessor, Dr. McGowan laments the inadequacy of his building and annual operating budget, but his enthusiasm for the museum and for the role it can play in popularizing science in Canada is boundless.

Dr. McGowan arrives at the museum with an impressive background in both science and public service. Author of over 100 scientific papers, he has also found time to become deeply involved in Third World development with organizations like UNESCO and to sit on the boards of a number of scientific and cultural organizations. Since 1969, he has been a professor of physics at the University of Western Ontario in London, Ontario, where he founded the world-famous Centre for Interdisciplinary Studies in Chemical Physics. The Centre brings together specialists from a variety of scientific disciplines to work on such diverse projects as cancer radiation therapy, laser light interactions with the retina, X-ray microscopy of cells, accelerator development, atomic and molecular reactions, synchrotron radiation, and microchip research.

Married with six children, Dr. McGowan was born and raised in Pittsburgh, but he has spent most of his adult life in Canada. His doctoral work was, in fact, done at Laval University under NRC President Dr. Larkin Kerwin, who was then chairman of the department of physics.

Dr. McGowan's research specialty is atomic collision physics. Recently, his work has concerned the interaction which joins electrons and ions known as electron-ion recombination. Dr. McGowan explains that most of the matter in the universe exists as a plasma — a state of matter consisting of charged particles rather than neutral atoms — and that, therefore, electron-ion recombination is a universal and extremely important phenomenon.

Science Dimension met the new director of the National Museum of Science and Technology in his office overlooking the museums front entrance on a sunny, Saturday morning last March.

Science Dimension: What has led an eminent physicist with no direct experience in running a museum to tackle the directorship of the National Museum of Science and Technology?

McGowan: I've worked for years in the popularization of science and the role of science in development. A lot of



Dan Getz

"The nation's university of science for the people."

people will argue that a physicist should only be concerned with strengthening the body of fundamental knowledge, but I don't think that's right. I believe that a physicist, because he is an intelligent person, has a responsibility to put some of his energies into just what we're doing now: into helping with education, into explaining things to people, and into community development.

For example, when I arrived at Western, I'd never done any work in designing accelerators. But with my colleagues I put a lot of energy into designing an electron accelerator in conjunction with Atomic Energy of Canada Limited's Commercial Products Division that could be used for cancer therapy. I did that not only because it was good fun but because I had a real driving desire to make practical use of my physics.

Similarly, in the work I've done in international development I try to encourage my colleagues to be sensitive to what's going on in the community. So my coming to the museum is just an extension of that part of my career.

Science Dimension: What in particular excites you about the museum?

McGowan: It became clear as I was working in the Third World and even working with our community back in London that museums could be a very powerful tool for getting the story of science across to people. Specialized museums or science centres like the Ontario Science Centre are great. They capture people's imaginations like nothing else. Dr. Tuzo Wilson, director of the Ontario Science Centre, often refers to it as "the laboratory of the people", a place where people can get hands-on experience. And, indeed, it is. I'm tending to call this museum "the nation's university of science for the people." We not only have the responsibility of giving people hands-on experience; we are also charged with being the keepers of technology and the associated sciences. We must tell the history of the development of science and technology within this country. We must discuss the impact that it's having on us now and try to understand what's likely to happen in the future.

Science Dimension: You've had a productive and fascinating research career. Do you have any regrets about giving this up?

McGowan: I'm finding it almost impossible to give up the last vestiges of it. I want to keep one small group of projects going, although I will have to give up some of the



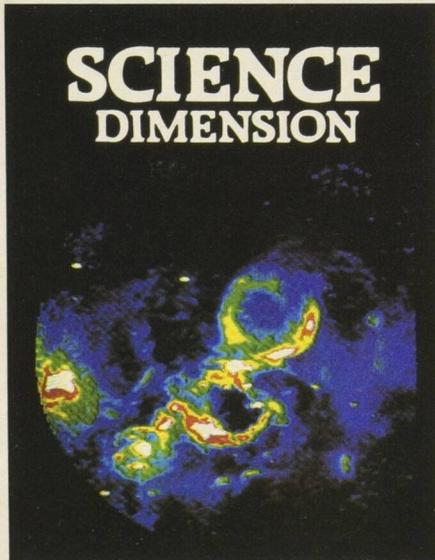
SCIENCE DIMENSION

VOLUME 16, No. 3, 1984.

Editor Wayne Campbell
Managing Editor Joan Borsu
Art Editor Jean L. Richard
Art Production Carisse Graphic Design Ltd.
Printed in Canada by Dollco Printing

31159-4-0011

Interview	2
Letters	4
Capsules	5
Radio Astronomy Quest for the invisible	10
Micromycology Attack of the killer fungi	20
Dr. Kartha and Cassava Plant science aids Third World crop	23
Suzuki	29

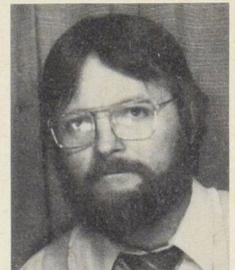


DRAG

OUR COVER

A 3-degree section of sky towards the constellation Sagitta holds a spectacular 'supernova remnant', the remains of an exploded star. This false-colour map encodes radio emission at 1420 MHz as black, blue, green, yellow, red, and white, in increasing order of intensity. (See *Quest for the Invisible*, p. 10.)

Two of this year's Canadian Science Writing Awards have gone to Wayne Campbell, editor of *Science Dimension*. Campbell's story on monoclonal antibodies ("A Quiet Revolution," 1983 #1) won in the Science and Health category, and a profile of Dr. Saran Narang, "The Making of Human Insulin," won in the Science and Technology category. The awards are given annually to recognize and encourage excellence in science writing.



Science Dimension (ISSN 0036-830X) 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*.

Letters



Applied vs. Basic Research

May I first compliment you on the format and content of *Science Dimension*. It very obviously attracts the readership of the young, perhaps your most important audience; even my teen-aged children deign to look through my copy.

Secondly, I too regret, as Prof. MacNeil (letters 1984 No. 1), the neglect that too little coverage is provided of plant protection disciplines (in the broadest sense of agriculture and forestry), a field in which Canada has an excellent international reputation.

Thirdly, although I quite agree with Suzuki's points (1984 No. 1, p. 30) on the subtle interplay between basic and applied research, I wish he had completely banished the notion which many basic researchers, unfortunately continue to express, that applied research is to be looked down upon. Although most applied researchers are well aware of the debt they owe to basic research, I am reminded of two appropriate, though tongue-in-cheek, quotations: "Basic research is what I am doing when I don't know what I am doing" (von Braun) and, "... this applied science is just as interesting as pure science, and what's more it's a damned sight more difficult" (W.B. Hardy to Henry Tizard).

A.D. Tomlin
Research Scientist
Soil Pesticide Section
Agriculture Canada
London, Ont

Air Quality Kit

For several years I have been receiving *Science Dimension* and have found it both an educational and informative approach to learning of the accomplishments in Canadian research.

In a recent issue of *Science Dimension* (1983 No. 6) I read the arti-

cle on indoor air quality and the use of the air quality kit manufactured by Kemic Bioresearch Laboratories Limited of Nova Scotia. This kit could be used as a demonstration for our school and public education programmes offered at the Alberta Natural Resources Science Centre. The Centre has displays on the sciences and technologies of Alberta's natural resources, and one area we focus on is air quality.

I would appreciate more information on how to obtain the air quality kit for use at the Centre or when it will be available to the public.

Karen M. Jensen
Assistant Superintendent
Alberta Natural Resources
Science Centre
Sherwood Park, Alta.

Science Dimension has received several calls and letters enquiring about Kemic. We forward such queries to: Dr. Peter Mullen, President, Kemic Bioresearch Laboratories Ltd., 7, The Industrial Mall, Kentville, N.S., B4N 4H8. Ed.

Kudos

I would like to congratulate you for the continuing high standards of *Science Dimension*. It is an excellent showcase for the many worthwhile and interesting projects being undertaken by Canadian scientists, and documents the enormous contribution that they are making to the world scientific community.

It is refreshing to note that there is a publication that portrays a stereotype of the public servant engaged in important and valuable activity essential to the well-being of the country.

I wish you continued success.

Jack Donegani
President
The Professional Institute
of the Public Service of Canada
Ottawa, Ont.

History in Science

I have been a reader of your excellent publication for a long time, and I would like to take the opportunity of congratulating you on its new, improved format. I read with great personal interest the article "Voice of Steel" in the issue 1983 No. 4, describing a technique for sorting out cracked steel balls from good ones developed by Mr. F. Nadeau. In a recently published article of mine, I have concluded my account of the history of ultrasonics as follows: "... It is hoped that the search of the past for clues to the future will result in a conscious planning of the advantages to come. Finally, it has been shown that science is a continuous process and has no end as long as mankind keeps searching for solutions. This process of science would advance more quickly and with greater control if information from the past was utilized more fully. Let us hope that the process of science will continue, and that the fruit it bears will never be used in a self-destructing way by mankind."

I could not help feeling that there is a connection between the technique developed by Mr. Nadeau and the simplistic, age-old tapping of pottery to determine whether an article was cracked or not, and the not-so-old wheel tapping performed by gentlemen with a long handed hammer listening for the 'soundness' of axles and wheels. Clearly his technique has its roots in the past, and its simplicity is also its great beauty. At times people tend to lose sight of the woods for the trees; fortunately for Stelco, this is not the case for Mr. Nadeau. Well done!

Dr. Plato A. Kapranos
Department of Metallurgy
University of Aston
Birmingham, England

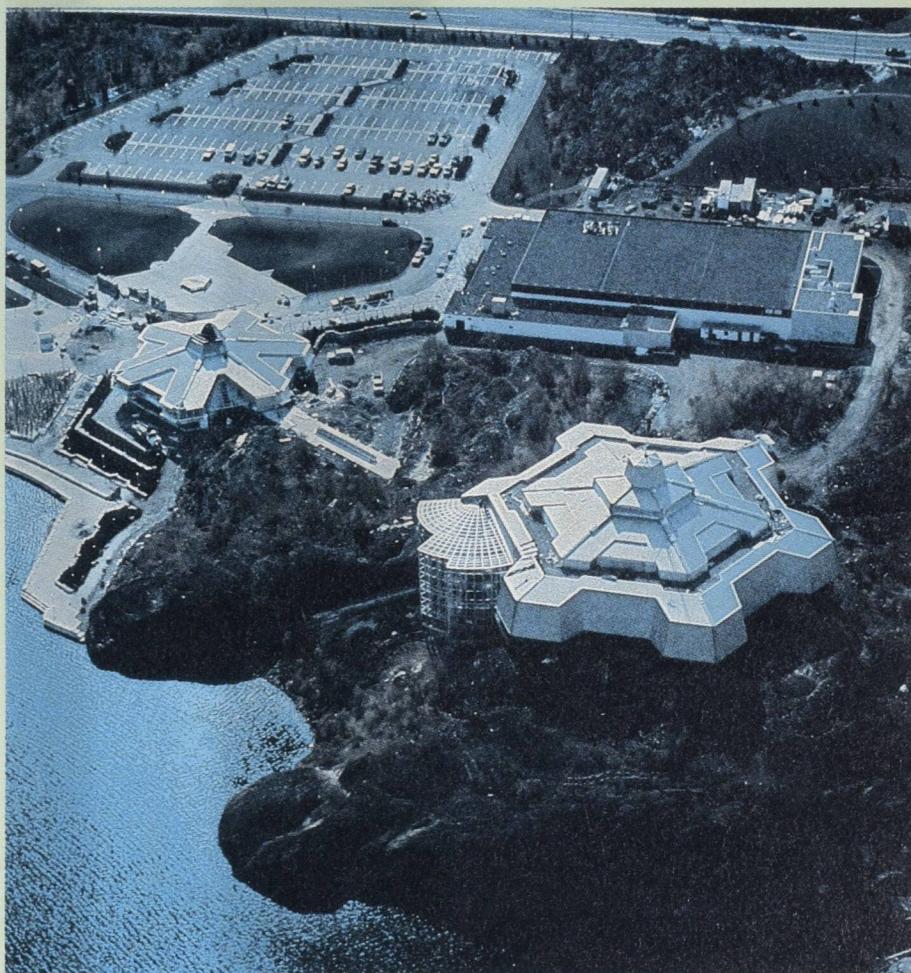
Capsules

Science North

Canada's newest science centre, **SCIENCE NORTH**, located on a lake-side in the northern Ontario city of Sudbury, opened its doors to the public on June 19, 1984. The Centre has a distinctly northern flavor and an emphasis on the unique geological features of the local region, both of which are reflected in its architecture. **SCIENCE NORTH's** main exhibit building (about 8 500 m² of floor space) is a snowflake-shaped hexagonal structure sitting over an excavated rock cavern almost 35 m in diameter and 10 m deep. The designers see the snowflake as a symbol of the glaciation and climate that shaped the northern terrain, and the cavern as representative of the so-called Sudbury structure, a huge, mineral-rich basin thought to have been created by a meteorite impact over two billion years ago. (Sudbury is Canada's premier mining community and home to the world's largest metal extraction and refining complex.)

The Centre's northern focus is also featured in the design of its exhibit program. Besides mainstream scientific themes like computers and communications, the science of matter from atoms through to galaxies, and techniques for the measurement of human physiological performance, there are exhibits that centre on the atmosphere and northern weather, the northern Ontario ecosystem and survival of life in Arctic Canada, and the geology of the Canadian Shield and Sudbury basin.

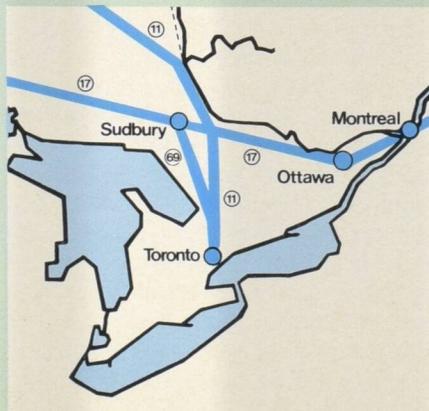
Like other centres of its kind, **SCIENCE NORTH** is set up for visitor participation, with demonstrations that call for the pushing of buttons, the turning of cranks, and so on. In addition, however, there is also a scientific staff on hand to answer questions and generally interact with the public. In this 'hands on' atmosphere, visitors can examine small animals adapted to the north at the side of a biologist, work on soapstone carvings with a northern artist, identify minerals or fossils with the help of a geologist,



Science North, on the shore of Ramsey Lake in Sudbury, Ontario.

and learn lens grinding from a trained astronomer.

Conceived in late 1979 and almost three years in the building, **SCIENCE**



Carisse Graphic Design Ltd.

NORTH was financed from funds collected from a variety of sources, both public and private. Principal among the institutions, agencies and firms contributing to **SCIENCE NORTH's** 25 million dollar capital budget were Inco Ltd. and Falconbridge Ltd. (both local industries) the federal and Ontario governments, the City of Sudbury and the surrounding Regional Municipality, and many other private donors.

For vacationers passing through central Canada, particularly cross-country travellers, **SCIENCE NORTH** is especially accessible, located as it is at the nexus of the Trans-Canada Highway as it moves west, south and east (see map).

Tags for Missing Persons

The problem is all too familiar in most large hospitals. Patients, dazed and confused, often wander and become lost inside or outside such huge buildings, and it may take days to find them. In one case, a man was found in a small basement room — dead — 48 hours after he was reported missing.

A tracking device, developed by Barry Bremner of BMA Ltd. near Ottawa, can prevent such tragedy. Originally designed to track animals in the wilds, the device has been adapted as a personal tag for patients or residents of hospitals and homes for the elderly. It can find a person quickly and easily, when time is crucial, especially if the patient requires medication. A field study undertaken at Toronto's Sunnybrook Hospital by NRC's Public Safety Project Office indicates that a patient outfitted with a transmitter can be found in as little as 20 min., within a range of two or three city blocks.

According to NRC's John Arnold, the device can be used in any situation where there is a risk of people becoming lost. For example, mentally handicapped children on a class trip to the zoo can be tagged in case some of them wander off. The device can help cut hospitalization costs as



well. In Canada, for example, over 350 000 people are known to have Alzheimer's disease, a mentally degenerative condition once mistakenly thought of as senility. The BMA tagging device allows such patients to stay with their families, since it is relatively easy to track them if they wander away from home.

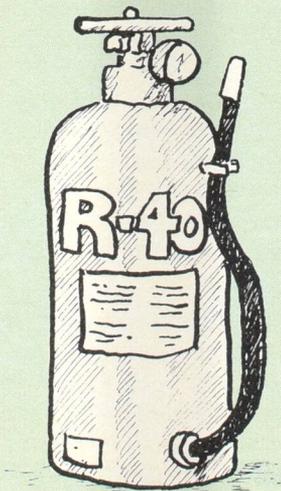
The system consists of a tiny transmitter about the size of a quarter, worn in the patient's belt or necklace, and a direction-finding receiver. Equipped with the receiver, security staff can locate a missing person by direction of the radio wave and inten-

sity of the generated audio signal. And, only one person is needed to operate the unit — a tremendous improvement over the usual situation where 20 to 30 police officers are called in to assist in a search. The system is soon to be manufactured by Orion Electronics Ltd. in Saunierville, Nova Scotia.

Another type of personal tracking device that interests NRC researchers is a computer chip placed in the patient's wristband. This sophisticated tag not only identifies the patient, but the location and time at which he or she left the building.

Keeping Warm Without Burning

Do the occupants of private homes and commercial buildings run a higher risk in the event of a fire be-



cause of energy conservation measures? NRC's Division of Building Research has reviewed thermal insulation techniques and studied the role of insulating materials in the development of fires.

They began by considering the insulating envelope as a whole, which seals any openings and cracks that might allow air infiltration. When a fire breaks out, there is less risk of smoke propagation to adjacent areas, passageways, and elevator wells if there are no air currents within the enclosure. This is of considerable advantage to the occupants, since they run a higher risk from smoke inhalation than from the fire itself. Experts estimate that more victims fall prey to smoke asphyxiation than to burns; furthermore, smoke often blinds people, preventing them from finding an exit.

It has been observed that the location of the insulating membrane inside or outside the walls of a building has some bearing on the development of a fire. NRC studies have indicated that the most dangerous practice is to cover the inside walls of a building with insulating materials, even if these are fireproof. This type of surface insulation helps the fire develop more rapidly into a general conflagration.

With respect to retrofitting operations, experts recommend that the outside surface of the building envelope be insulated, and that low-combustion insulating materials be used. Otherwise, flames projecting from windows might set fire to such materials.

During recent years, rigid panels of polyurethane or polystyrene foam have been used increasingly for in-

terior insulation. These synthetic products have very different properties. Polyurethane is charred by fire, but produces no flame, whereas polystyrene melts when heated. These materials can withstand flames as long as the air space between the paneling and the wall does not exceed 25 mm. A wider gap would cause the air mass to promote oxidation of any charred polyurethane, which would then catch fire. Also, any melting polystyrene might also catch fire.

Experts at NRC recommend that the insulating layer be covered with panels of gypsum board. Their results have shown that no other material provides better fire resistance. A 13 mm layer of ordinary gypsum delays flame penetration by 30 min., and a 16 mm layer by 45 min. Neither the polystyrene nor the polyurethane will burn as long as the gypsum board holds out.

As a rule, insulating materials located beneath the roofing have little

influence on fire intensity or propagation. However, if they catch fire or burn slowly, they might weaken some of the main beams and contribute to structural collapse.

Fire prevention experts endorse all types of safety coatings, fire stops, and flame retardants. These help contain the source of the fire. Results have shown that proper planning and construction help ensure that thermal insulation does not increase the risk of fire in buildings.

Science for Every Student

Science instruction in Canadian schools isn't a disaster, but it has a long way to go before it will help students in their daily lives, says Graham Orpwood, one of the coordinators of a report on science education released early in May by the Science Council of Canada.

Science for Every Student took four years to complete and presents 47 recommendations to upgrade the quality of science taught in Canadian classrooms. For at least two of these recommendations, increasing the Canadian content in science lessons and orienting them more towards the modern world, *Science Dimension* is a useful tool, according to Orpwood.

"*Science Dimension* provides an answer to the question 'so what are Canadian scientists doing?' and links what students are learning in the classroom to the real world," he says.

The report states that many elementary school children don't receive any instruction in science at all, and recommends they get at least 45 minutes a day. A lot of elementary school teachers haven't taken science courses since high school, and the report suggests ways to upgrade their teaching skills.

If the recommendations are implemented, girls would receive greater encouragement to study science, and students who excel in science would attend special high schools devoted to science and technology.

The study was prompted by complaints by people such as Dr. David Suzuki (for elaboration see *Science Dimension* 1984/2) that students coming out of high schools today are ill equipped to consider the issues of science, says Orpwood.

"We surveyed 4000 teachers in 1227 schools and examined many science textbooks now in use to see if

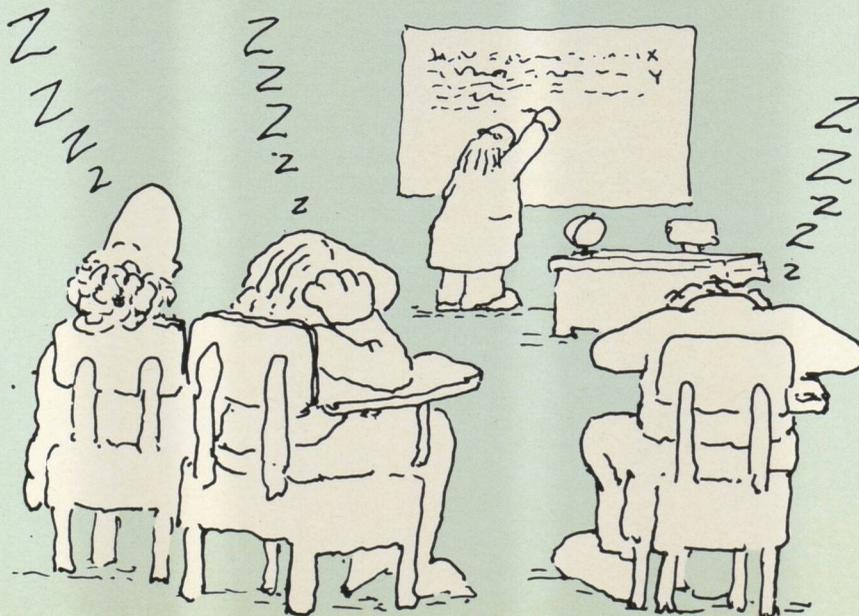
the complaints were valid. We found that they were."

Next, Orpwood says, they went to the people — conferences were set up across Canada, which included parents, teachers, engineers and others to discuss the problem.

The result of the surveys and conferences is *Science for Every Student*. It is up to each individual school board to adopt the recommendations, and Orpwood says some have already been implemented by school boards all over Canada.

Full implementation of the recommendations across the country would cost \$155 million over the next five years. That breaks down to \$31 million each year, or \$6.28 per student per year — not a lot when compared to the \$20 billion total expenditure on elementary and secondary education in 1983/84.

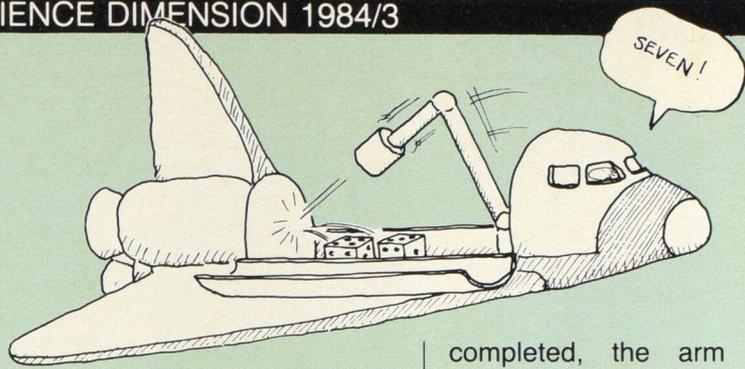
Anne McIlroy is a freelance writer in Ottawa



Space Arm's Lucky Seven

Canadarm's seventh flight into space proved the lucky one for an ailing satellite called Solar Max. The Solar Maximum Mission had been launched in 1980 to study the upcoming period of maximum sunspot activity. Only eight months in orbit had passed, however, when fuses blew in the spacecraft's attitude control system. Four of the observatory's instruments which required precise positioning were rendered all but useless. Only when the spacecraft happened to point to the sun (about once in six minutes) was it possible to collect data. But Solar Max was the first of the new generation of orbiters. Many of its components were "modular" — package systems that could be replaced either while in orbit or by returning the spacecraft to Earth.

Anticipating the repair activity, NASA modified the astronauts' "jet pack", the Manned Maneuvering Unit, with a grapple. The program called for an astronaut to grasp the satellite and stop its spin before pull-



ing it into the shuttle's cargo bay for repairs. But, when the shuttle Challenger arrived at the satellite early last April, the jet pack's grapple couldn't grip Solar Max to stop its spin. This gave Canadarm the opportunity to flex its muscles and demonstrate the delicacy of its touch. After some fine maneuvering by the shuttle, Canadarm stretched out and seized the satellite, drawing it into the cargo bay.

Once the satellite was recovered, the arm was used as a "cherry picker", (like those that lift telephone linemen), transporting the repair crew with tools and replacement parts as they restored Solar Max to operating condition. Once the repairs were

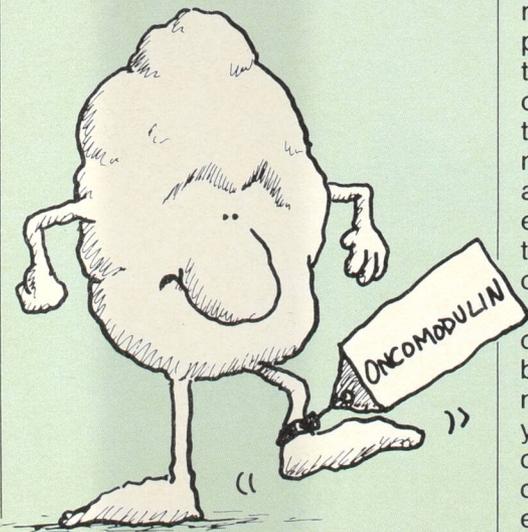
completed, the arm hefted the observatory out of the shuttle's bay and returned it to space, and hardly a moment too soon. Only two weeks later, Solar Max captured the outburst of one of the strongest solar flares ever observed, returning immense amounts of new data on the phenomenon.

The successful capture and repair has brought numerous inquiries from owners of impaired spacecraft, such as Indonesia's Palapa communications satellite and the National Oceanic and Atmospheric Administration's Landsat 4, for future restoration flights. Canadarm will play a significant role in many of these efforts, more than fulfilling its original design concept.

Cancer Protein

Researchers at the NRC have discovered a protein that could help detect the presence of cancer. Oncomodulin (the word means "regulator from cancer tissue") was found in 85 per cent of the human and rodent tumours that Dr. John MacManus and a team of cell physiologists examined.

They found oncomodulin in tumours from various tissues, including the bladder, cervix, kidney, liver, mus-



cle and skin. So far, no oncomodulin has been detected in normal adult tissue.

In the future these findings could have two concrete applications. First, they could help determine the link between cancer and suspected environmental carcinogens (cancer causing agents). Right now the process is time consuming and usually involves the use of laboratory animals. Using the presence of oncomodulin as an early indication of cancer, scientists may be able to develop a much simpler test. For example, they could take a cell culture (a group of healthy cells grown in the laboratory) and add the suspected carcinogen. If oncomodulin showed up in the culture after a time, then they could have strong evidence for a correlation between the suspected carcinogen and the onset of cancer.

Second, oncomodulin could one day serve as a diagnostic tool. After being exposed to suspected carcinogens, laboratory animals can take years to exhibit visible signs of cancer. Using the presence of oncomodulin as an early warning signal, scientists could know sooner which animals had contracted the disease.

This could save months of waiting, and given the number of experiments, millions of dollars.

Taking this process one step further, oncomodulin could eventually serve as a similar tool in the case of humans.

Oncomodulin is a member of the same family as calmodulin, a calcium binding protein found in all cells more complex than bacteria. Calmodulin (the word means "calcium regulator") is one of the on-off switches in the cell. It activates biological processes, such as the synthesis and duplication of DNA.

MacManus was looking for calmodulin at the internal receptor sites in cancerous cells when he discovered oncomodulin (see *Science Dimension* 1983/3). Two years ago the discovery of this protein, and the fact that 85 percent of the tumours studied contained it, was enough to attract the attention of the United States Cancer Institute. They provided MacManus and his colleagues with financial support, and today they continue trying to unravel the secrets of oncomodulin.

Anne McIlroy is a freelance writer working in Ottawa

Infrared galaxies

A surprising discovery last December by a Canadian and an American astronomer is forcing scientists to reassess their concepts of galaxies. Dr. Edward Olszewski of NRC's Dominion Astrophysical Observatory in Victoria and Dr. Marc Aaronson of the University of Arizona have discovered distant galaxies that emit infrared energy 50 to 300 times greater than the visible light they give off. Until now, the most extreme example of this type of galaxy radiated only about ten times more infrared than visible light. Galaxies, for the most part, emit as much infrared as visible energy.

While at an observatory in Chile, the two astronomers began searching for visible sources that matched hot spots recorded by the Infrared Astronomical Satellite during a ten-month survey of the sky in 1983. Using computerized cameras 100 times more sensitive than photographic plates, they discovered very faint

galaxies in the areas of high infrared radiation registered by the satellite. These sources were too faint optically to be visible on any of the sky surveys available to astronomers. Normally, galaxies radiating such intense infrared energy would appear extremely bright.

Astronomers now speculate that these energy sources are surrounded by a dense blanket of stellar dust,



which absorbs the visible light energy and re-radiates it as infrared.

But if this is so, what source generates the tremendous light energy? One explanation may be that galaxies have undergone an extreme burst of star formation, a phenomenon which often occurs with galaxies in collision. This might also account for the dense blanket of stellar dust needed to convert the visible light to infrared radiation. Another theory suggests that quasars — very bright light sources associated with the energy release of black holes — are the light source.

To test their theories, astronomers will train radio telescopes on these areas for information about radio-wave emission. Galaxies with quasars as their light source produce radio waves to a greater degree than galaxies in which intense star formation is taking place. Once they assess the data from radio telescopes, astronomers will have a better picture of these new infrared galaxies.

Hard Job

A National Research Council team is developing some of the hardest man-made substances ever known. But, although the work itself is absorbing, it aims to do more than get into the Guinness Book of Records. The researchers, based at NRC's Atlantic Research Laboratory and in the Division of Chemistry in Ottawa, may also help give Canada energy self-sufficiency and a valuable new technology that's marketable overseas.

The new materials are ceramics — aluminum and magnesium oxides that begin life as ultrafine powders and are then compressed, machined, and sintered into custom shapes hard enough to blunt a hacksaw. Their intended use: to line fuel-injection nozzles in electric generating stations converted from oil to coal.

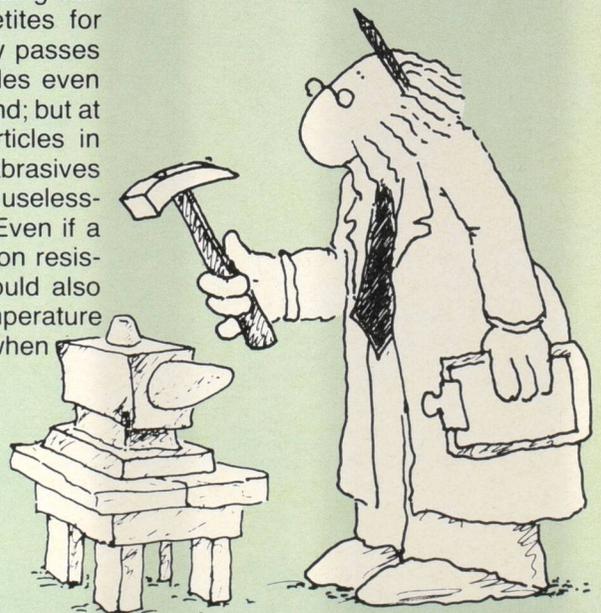
In the past, utilities across Canada (and especially on the East Coast) built oil-fired stations. But as oil's cost quintupled, power producers found they were paying tens of millions of dollars for energy they might better dig out of their own country in the form of coal. Accordingly, Eastern provinces have followed the lead of Nova

Scotia, which has decided to produce as much as possible of its electricity from its own Cape Breton coal. One of the more promising approaches mixes clean, pulverized coal with water and a little oil. The resulting mixture can be handled much like a combustible liquid.

Problems arise, however, because the boilers of thermal generating stations have voracious appetites for fuel. Oil, a true liquid, easily passes through metal injector nozzles even faster than the speed of sound; but at these speeds, the fine particles in liquid coal mixtures act as abrasives and blast metal nozzles into uselessness in a matter of hours. Even if a material of adequate abrasion resistance could be found, it would also have to withstand abrupt temperature changes — for example, when the boiler's flame goes out and unburned fuel cools the nozzle.

Accordingly, after producing their ceramic samples and testing them for hardness, the NRC team exposes them to 'thermal shock.' Samples are

sealed in a tube, heated by radio frequency to 1000°C, and then cooled to room temperature within seconds by a 100 m/s airblast to see if they crack. Despite such treatment, there are already some promising material candidates for the hard but rewarding job of helping free Canada from dependence on oil.



Radio Astronomy

Quest for the invisible

by Bill Atkinson

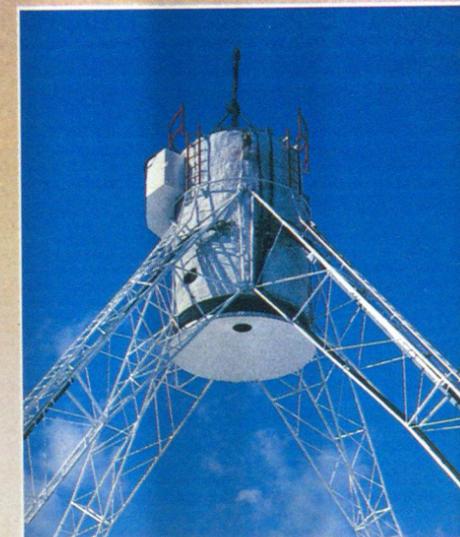
Lake Traverse, Ontario. Looming out of the morning mist, the 46-metre reflector of the Algonquin Radio Observatory (ARO) looks like a windmill in an old Dutch landscape. There is the same cylindrical base, broken by windows; yet atop it are not the cloth-covered airfoils of 17th-century Holland, but a steel paraboloid that gathers photons from the sky. Inside the base, beyond two flights of ordinary stairs, is the metal superstructure that supports the dish. Except for the curved passageways, this could be a submarine: doors have rounded corners, stairs are ladders with steel rungs. Some hatchways have footholds along more than one wall, as if 'up' were a changeable direction. It is.

A final cover bangs back to show a dazzling, surrealist scene. The mist has cleared: sun floods a smooth white valley whose slope increases toward its outer edge. This is the inside surface of the dish itself, turned to point straight up like a bowl on a table. Nothing is visible but the sky, the steel-plate surface, and four trusses which support a small aerial cabin directly overhead.

It is a long climb up one supporting truss to the cabin. Then another door, tens of metres above the bowl in the clear Algonquin air, gives access to the cabin interior. It is a hollow cylinder packed with instruments, 5 m long by 3 m across, with just enough room for two people to stand — or lie, when the telescope is turned toward the horizon. A stream of stellar photons may con-

verge at this point, yet there is nothing here for human senses. The signals that this dish receives are invisible.

Astronomers work with photons, massless bits of energy that are the fastest things in the universe. From the time their discipline began, astronomers paid heed only to those photons that the human eye evolved to see. But in 1932, the American radio engineer Karl Jansky stumbled onto an astounding fact: electromagnetic radiation was coming to us from space at lower frequencies and longer wavelengths than those of visible light. Celestial objects, Jansky found, are not content to bathe



The aerial cabin of the 46-m Algonquin dish

the Earth in colours. They also send us signals via radio waves.

People tend to associate sound and radio: everywhere on Earth, radio-frequency (RF) photons carry news and music which radio receivers demodulate into sound. And indeed it's possible to put the amplified signal from a radio telescope through a loudspeaker and listen to the sky's 'white noise.' Radio telescopes have even been called 'big ears.' But don't be misled: a radio telescope is a photon collector, just like an optical telescope. Because the photons it collects and concentrates are of lower energy than optical photons, however, the way a radio telescope looks — and operates — is different.

The 46-metre reflector at Algonquin usually scans the heavens 24 hours a day, almost every day of the year. The week of this reporter's visit, however, NRC astronomers interrupted their usual work to map the reflective surface of the big dish itself. A new technique, 'satellite holography', gives them a contour map that shows within a millimetre how close to a perfect paraboloid every point on the 46-m surface comes.

Why spend weeks on such painstaking work? The more perfect a reflector's shape, the greater its ability to collect faint streams of photons — and also to operate at shorter wavelengths. The effects of a reflector's surface depend on the wavelength it reflects: a negligible bump on a radio reflector (long wavelength) would be colossal for an optical mirror (short wave-

Paul Marshall

length). Although the 46-m dish was originally designed to receive wavelengths of about 3 cm, over the last 18 years NRC astronomers have used it for more energetic photons. Thus, the effect of its wows and ripples has grown proportionately. The present contour-mapping is to find exactly where and how large the bumps are.

The intercom in the telescope's aerial cabin comes to life with the voice of a technologist in a separate control building nearby.

"Still up there? We're starting the descent now. Hang on."

Within the cabin, one wall becomes a floor as the big dish tilts smoothly toward the horizon. The descent slows, stops. And here, riding the platform of a cherrypicker crane, is the technologist, come to fetch a nervous reporter the remaining 25 metres to the ground.

In the control room sits Norman Broten, Section Head of Astronomy for NRC's Herzberg Institute of Astrophysics. He has been up all night with the holography experiment, which is now showing results.

"Here's the latest graphic," he says, handing over a photo of a large circle with splotches of colour inside it. "That's the face of the dish, mapped in contours of a millimetre. You can pick out the hatch cover where you got into the dish." (See below)

True enough, the hatch stands out on the receiver's surface like a boil.



Dan Getz

Norman Broten

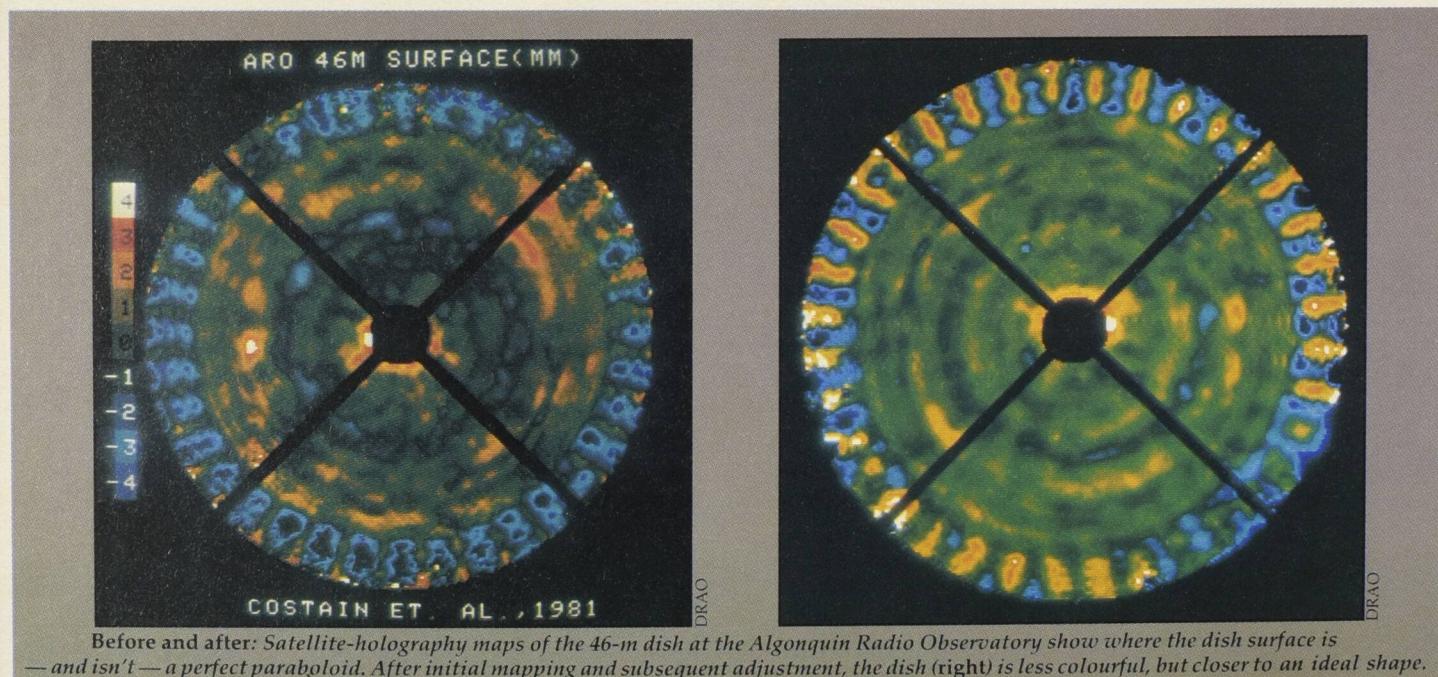
Another blemish, white like the hatch cover to denote a higher contour, shows near the dish's edge. "That's our biggest irregularity," says Broten. "Fully four millimetres higher than it ought to be." A 4 mm ripple on a surface area of about 1600 m² might seem unimportant, but to a radio astronomer trying to see to the ends of the universe, it's immense. This irregularity, Broten explains, must have fallen between the regions sampled 18 years ago in the original survey method, which could not verify whole surfaces, only points.

Broten says that an engineering design study on resurfacing the big dish, making it able to focus mil-

limetre wavelengths accurately, is now underway. "When we have a new surface, we'll also have a brand-new window on the universe," he says. "Celestial RF emission at millimetre wavelengths has not been explored much, so there's no telling what we'll find."

Though Broten and his NRC research teams have not left Earth, they have looked into some of the galaxy's most exotic crannies and found substances few thought were likely to exist there. These strange places include dark, dense, dusty clouds of gas where new stars are born; more diffuse, transparent clouds of molecular gas within the spiral arms of the galaxy; and the extended atmospheres of 'carbon stars,' stars which contain more carbon than oxygen. In each of these locales, NRC astronomers have found complicated molecules with long carbon chains — for example HC₅N, CH₃C₄H, CH₃C₃N, and HC₁₁N. When they began searching for these molecules, conventional wisdom held that nothing so complex could be formed, or continue to exist, in space: extreme ultraviolet radiation would break up any carbon-chain molecule as soon as it formed.

One NRC team, however, found spectral evidence for HC₁₁N, to date the heaviest molecule detected in interstellar space, inside the atmosphere of a carbon star in the con-



Before and after: Satellite-holography maps of the 46-m dish at the Algonquin Radio Observatory show where the dish surface is — and isn't — a perfect paraboloid. After initial mapping and subsequent adjustment, the dish (right) is less colourful, but closer to an ideal shape.

Anatomy of an Equation

Scientists express their discoveries and hypotheses in the elegant compression of mathematics; one equation is worth thousands of words. Any equation relates two or more quantities, each represented by a symbol. Here's an example from modern astronomy:

$$R \equiv \frac{1}{\Theta}$$

R is the *resolution* of a telescope, whether radio or optical: the fineness of detail it can see. Θ , the Greek letter 'theta,' is the angle obtained when you connect the top and bottom of an object the telescope is looking at with the telescope itself. The smaller the object, the smaller the angle so 'subtended,' and the greater the resolution. R and Θ are in *inverse variation* — as one gets smaller, the other gets bigger. (The three lines of the equal sign show that this is a definition.) Here's another example:

$$R = \frac{D}{\lambda}$$

In this case, R is still telescope resolution. D is the diameter of the photon reflector; λ , the Greek letter 'lambda,' is the wavelength of the reflected photons. In this case, R and λ are in inverse variation and R and D are in *direct variation*: telescope resolution increases with telescope diameter, but decreases with increasing wavelength.

Simple — but rich in meaning, because watch what happens when numbers go in. First, let's say that we're dealing with an optical telescope. The wavelength of visible green light, which is in the middle of the optical spectrum, is about one-half millionth of a metre. If it's bouncing off the primary mirror of the Canada-France-Hawaii Telescope, which is 3.6 m in diameter, than our equation becomes:

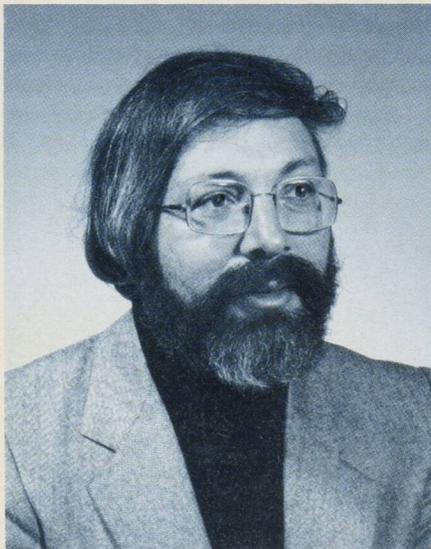
$$R_g = \frac{3.6 \text{ m}}{5.0 \times 10^{-7} \text{ m}} = 7.2 \times 10^6$$

stellation Leo, about 600 light-years away. HC_{11}N , or 'cyanodecapentayne,' has a molecular weight of 147. How can such large molecules exist in space? Broten:

"These interstellar carbon chains must form where dust shelters them from the ultraviolet that would otherwise 'photo-dissociate' them. But there are still lots of questions to be answered. Are these molecules built up like a jigsaw puzzle, one atom at a time, in space itself? Or do whole molecules form on cosmic dust-grains and later become detached? We're still trying to find out."

There is yet another aspect to these heavy interstellar molecules: some of them have molecular weights almost double that of the amino acid glycine, a constituent of proteins and thus a building-block of life. Some astronomers suggest that the endless cubic parsecs of space may harbour the complete proteins too — and that life could even have been seeded here from elsewhere in the galaxy. NRC astronomers, however, tend to disagree.

Dr. Paul Feldman, one of the co-discoverers of HC_{11}N , is one such



Dr. Paul Feldman

skeptic. "A molecule such as glycine, perhaps a precursor of carbon-based life, has yet to be found beyond the Earth," he says. "Even if it should one day be found in space, this will not by itself confirm extraterrestrial-origin theories for life. I believe that whatever complex molecules we've so far detected are 'abiotic' — produced without biological activity."

— or a resolution of 7.2 on an arbitrary scale. What happens when we use the same telescope to catch infrared light, with a wavelength double that of visible green? Then

$$R_i = \frac{3.6 \text{ m}}{2.5 \times 10^{-7} \text{ m}} = 3.6 \times 10^6 \text{ (3.6 on our scale)}$$

The same reflector's resolution is cut in half every time the photon wavelength doubles. At millimetre wavelengths, where the far infrared blends into microwave,

$$R_m = \frac{3.6 \text{ m}}{1 \times 10^{-3} \text{ m}} = 3.6 \times 10^3 = 0.0036 \times 10^6 \text{ (0.0036 on our scale)}$$

Our resolution, still with the same reflector, has now fallen by a factor of two thousand! How to retrieve such a situation? As wavelength increases and the bottom part of the equation's right side grows, we can increase the right side's *top* part to keep pace. Still at millimetre wavelengths, what would happen if we had a reflector 36 m in diameter? Let's plug it in and see.

$$R_m' = \frac{3.6 \times 10 \text{ m}}{1 \times 10^{-3} \text{ m}} = 3.6 \times 10^4 = 0.036 \times 10^6 \text{ (0.036 on our scale)}$$

— Multiplying the diameter of the reflector by ten has multiplied our resolution by ten also. What would happen if the diameter of our millimetre-wavelength reflector were 3600 kilometres (3.6×10^6 m)? Good news:

$$R_m'' = \frac{3.6 \times 10^6 \text{ m}}{1 \times 10^{-3} \text{ m}} = 3.6 \times 10^9 = 3600 \times 10^6 \text{ (3600 on our scale)}$$

This gives an angular resolution, at millimetre wavelengths, *five hundred times* that of the CFHT optical instrument in green light. Very-long-baseline interferometry (VLBI) turns its baseline into the effective diameter of a single huge radio telescope. You can see why VLBI arrays are the instruments of choice for discerning fine structure in celestial radio sources.

Penticton, B.C. A day's drive inland from Vancouver is a quiet valley containing a radio observatory which studies physical violence on a cosmic scale. NRC's Dominion Radio Astrophysical Observatory (DRAO), though it lacks a single steerable dish the size of Algonquin's, operates an "aperture-synthesis radiotelescope" — four small antennas which make use of the Earth's rotation for observations equivalent in resolution to those from a single dish 600 metres across. At 1400 MHz, DRAO's synthesis telescope maps a sky area 20 times larger than the full moon, and this area will increase tenfold when the telescope begins to receive 400-MHz photons later this year. With such a "wide field," it's particularly suited for sensing the temperatures, densities, and motions of the tenuous gases that lie within the spiral arms of our galaxy. To study these gases is to infer what disrupts them, and some of the greatest disruptors are the supernovae.

Though of short duration, a supernova is one of the most spectacular events in nature. It is the explosion of an entire star, which for a few

days may outshine all the billions of other stars in its galaxy. According to current theory, supernovae can occur in several ways; perhaps the most common type flares into life when an old star more massive than the sun consumes its nuclear fuel and can no longer generate the energy necessary to balance its own gravity. Part of the star collapses inward, but an outer envelope is blown away into surrounding space at thousands of kilometres per second. The process itself fascinates astrophysicists; DRAO astronomers, however, are equally interested in the effects of such explosions. In effect, they use supernova blast waves as diagnostic tools for examining the interstellar medium. (See graphic, p. 15.)



Dan Getz

Dr. Lloyd Higgs, Director of DRAO: Studying the remains of exploded stars.



DRAO

The four dishes of DRAO's synthesis telescope at Penticton, B.C., yield images equivalent to those of a single dish 600 m across.

"Supernovae affect the evolution of both galaxies and life," says Dr. Lloyd Higgs, DRAO's Director. "Theory indicates that the Big Bang, the explosion which created the universe, could synthesize only isotopes of hydrogen and helium. In turn, the first generation of stars that formed after the Big Bang could create heavier elements only to an upper limit of atomic weight. The first stars fused helium to lithium, lithium to beryllium, and so on; but they couldn't fuse, say, copper to zinc — that *takes* energy. So any element heavier than iron-56 could not have been created by fusion processes in the older stars.

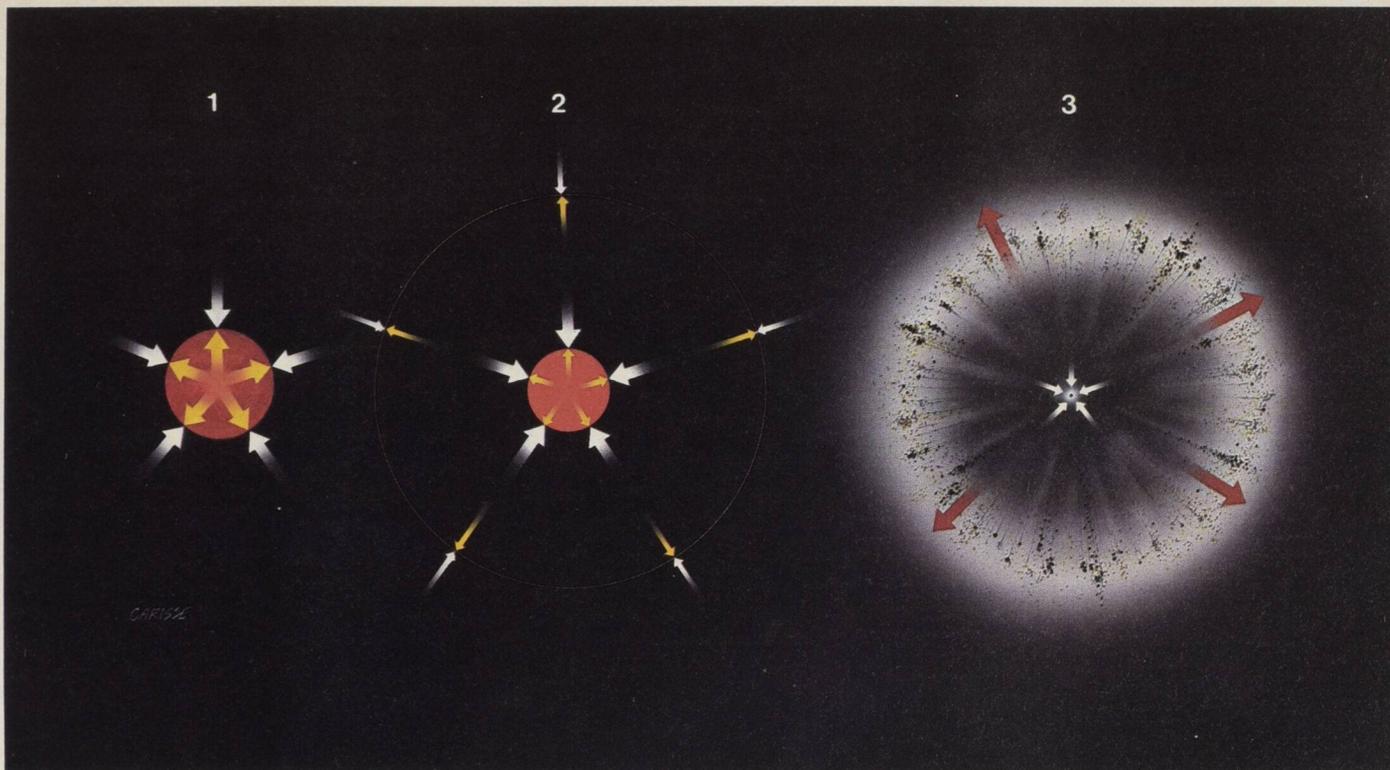
"The heavier elements *could*, however, have been forged in the incredible pressures and temperatures of supernovae. These explosions may form the only anvil on which the heavier elements can be smithed out. And without these elements, life as we know it — Earth as we know it — could not exist."

But if the heavier elements come from supernovae, how did they find their way into existing planets and stars? "The same explosions that created them blew them far out into the interstellar medium. This allowed later generations of stars, as they condensed, to incorporate these heavier elements. One such second-generation object was the nebula that ultimately contracted to form our solar system. We're *all* stardust — everything and everyone on Earth is recycled stars."

Higgs explains that, after the 'seed' supernovae, still later supernovae might have created local instabilities in the interstellar medium — triggering the formation of second-generation stars such as our sun.

"A supernova remnant comprises two things," says Higgs, looking out at the peaceful valley. "In place of the original star is a dense object, perhaps a black hole or a neutron star. And rushing outward from this in all directions is a slowing, cooling blast wave. This is what disseminates new material, perturbs the existing medium, and catalyzes new stars."

At least one astrophysicist would qualify this. Dr. Sun Kwok, now of the University of Calgary, did his initial work on 'stellar winds' at York



University with Dr. Chris Purton, now of DRAO. Stellar winds are the outflow of physical particles, as distinct from radiant photon energy, from stars. Our own sun has a mild wind, responsible for the polar auroras; there are stars, however, whose winds are more than a million times stronger than the sun's. According to Kwok, their collective stellar wind, rather than supernovae, is the dominant means of enriching the galaxy with some of the heavier elements that are incorporated in later generations of stars.

"I have heard theoreticians say that stars of more than 1.4 solar masses end as supernovae," he says. "Yet a supernova is a rare occurrence: in the hundred billion stars of the Milky Way, no more than a few supernovae take place a century. Obviously, something is missing from the theoreticians' calculations, for not all heavy stars blow up."

Red giants, the stars that Sun Kwok studies, are relatively old, cool, and large. In only 100 000 years, hardly an eyeblink in a star's life, some red giants can divest themselves of a whole solar mass by means of relatively gentle stellar winds.

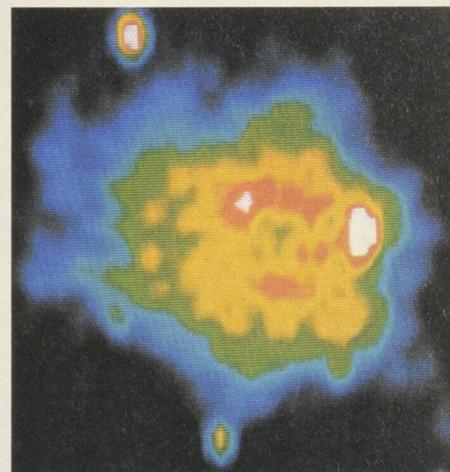
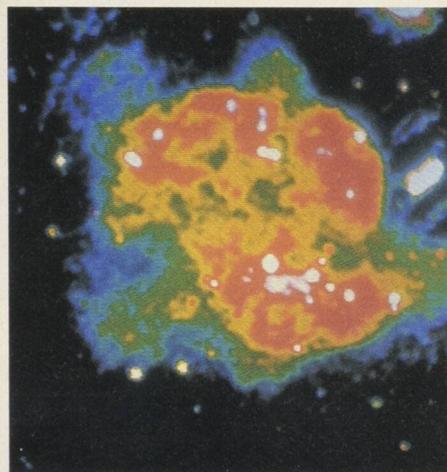
"After a while," Sun Kwok says, "the gravity of such a star is suf-

A heavy star that doesn't rid itself of enough mass via a stellar wind may explode as a supernova, which may occur as shown in this schematic. In a stable heavy star (1), heat and radiation (yellow arrows) balance gravity that would otherwise crush the star-core inward (white arrows). Later in the star's life (2), this balance of forces may still exist at its outer surface (large circle). But the star's core, having used up most of its available fuel, burns more feebly (small yellow arrows) and can't completely resist gravity. Gravity eventually gets the upper hand (3), squeezing the core into a state of incredible compression; the star's outer layers are blown out into space at speeds of thousands of kilometres a second.

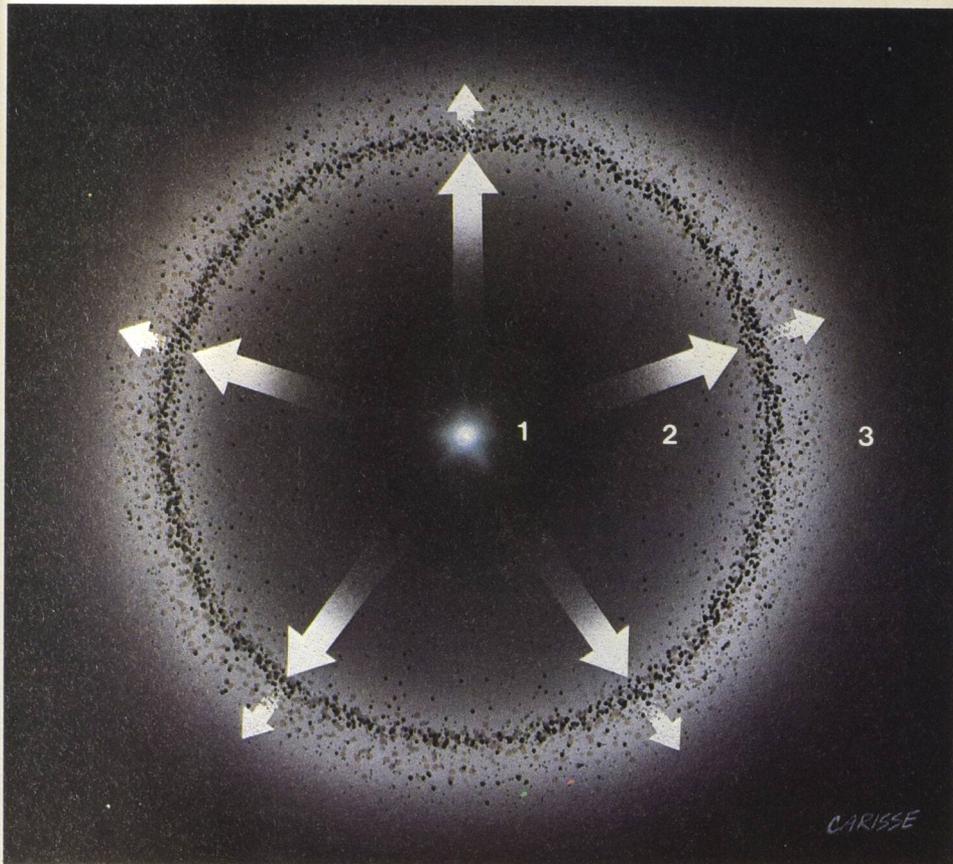
ficiently reduced to change its late evolution. It dies not with a bang but with a whimper — as the small, naked star-core we call a white dwarf."

Sun Kwok bases his conclusions on observations at several wavelengths: not just optical, but also mi-

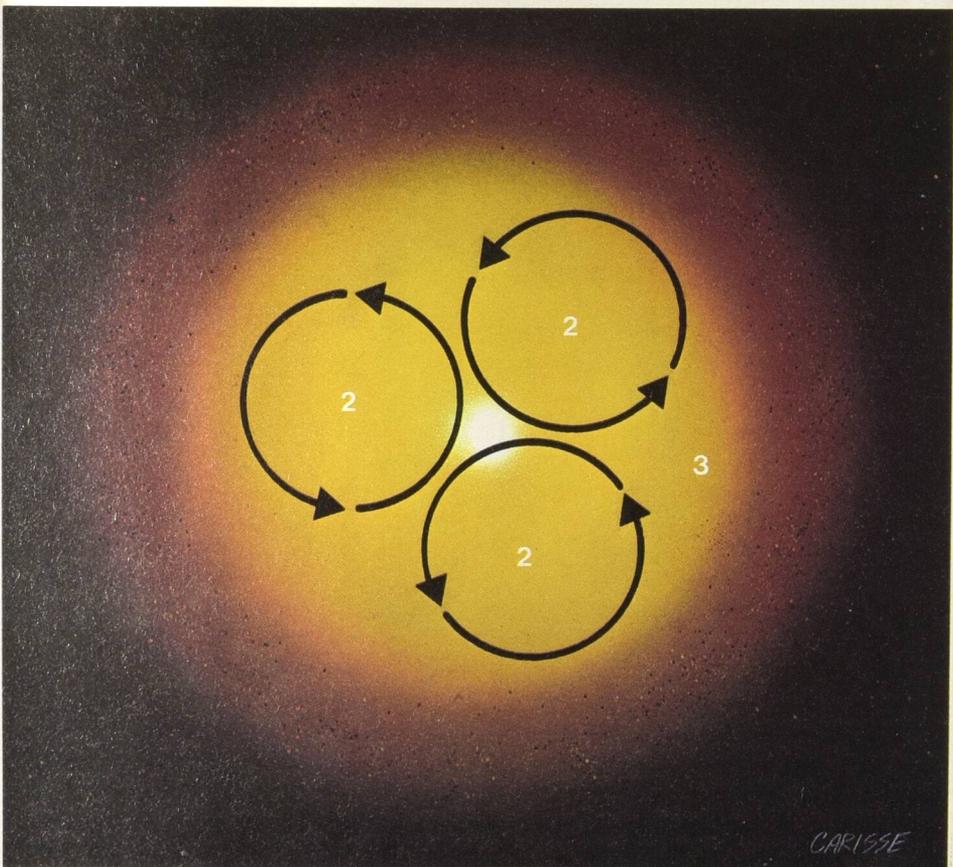
crowave and infrared. This is necessary because the visible light of a red giant with high mass outflow is often absorbed by the very gas and dust that stream out and form a halo around it. The halo then re-radiates the energy it has absorbed, but at longer wavelengths — RF and in-



Left: CTB 104A, an old, large supernova remnant in the constellation Cygnus. Right: DA 495, between the constellations Cygnus and Vulpecula, has an unusual shell-like feature in its interior. Both false-colour sky maps were made using the DRAO synthesis telescope.

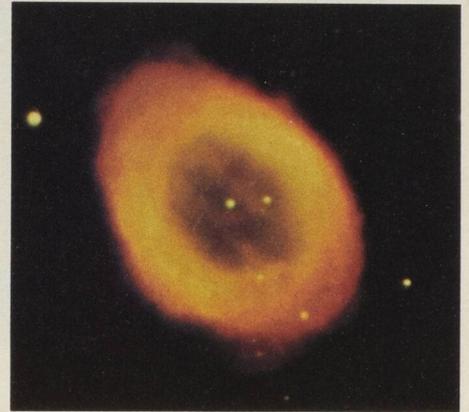


An aging red giant may blow away so much matter in its stellar wind that it reveals its naked core, called a white dwarf (1). At this point, its stellar wind can blow much more strongly (2), overtaking the older, slower wind (3) and creating a 'planetary nebula' in the shocked collision region.



frared — which can penetrate the halo and reach Earth.

It is in these red-giant haloes that Broten and his colleagues find carbon-chain molecules. "Red giants," says Sun Kwok, "are molecule factories. First they produce the necessary heavier elements by fusion; then they transport these elements to their surfaces by convection; and finally they eject them into a cooler environment where complex molecules can form. Of course, the really heavy elements,



An optical photo, taken by the Canada-France-Hawaii Telescope, of the Ring Nebula in Lyra — a 'planetary nebula' also explored at radio frequencies. Although it appears to be a ring, we are really seeing a projection; the actual nebula is a hollow sphere. (See diagram, lower left.)

those with an atomic weight higher than iron-56, would still require a supernova for their production."

Ottawa, Ontario. At the Herzberg Institute's headquarters on Sussex Drive, Dr. Jacques Vallée is systematically sifting the magnetic structure of the Milky Way for supernova remnants, a task he estimates will take him the rest of his life.

"After a supernova," Vallée says, "the blast wave, an expanding shell of ejecta, sweeps everything before it — including the tiny bits of matter which carry our galaxy's magnetic

The star as molecule factory: one scenario of where large interstellar molecules may come from. The hot core of a young red giant synthesizes elements heavier than helium and lighter than iron. Convection currents (2) then bring these elements to the relatively cool surface of the star, where they are sent into space by the red giant's stellar wind (3). Once there, these heavier elements may cling to dust grains and combine with one another into molecules.

field. This field is 'frozen in' to the particles. When the particles are moved aside, the galactic field distorts as well."

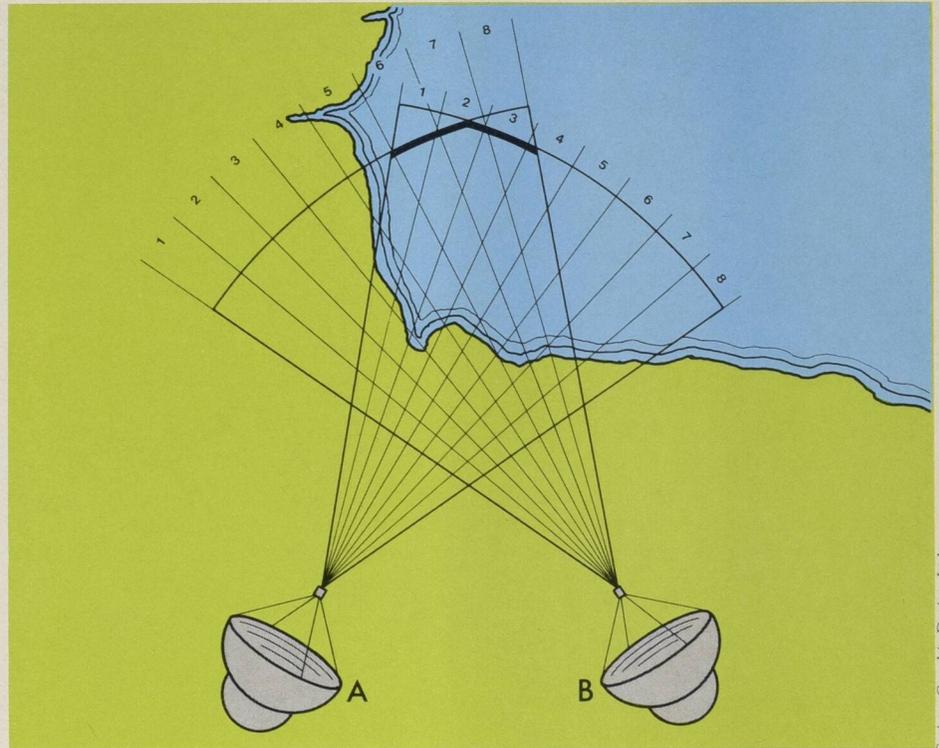
Vallée examines the RF emission of extra-galactic objects that reaches us after passing through one of our galaxy's spiral arms. "The radio emission of, say, a quasar is polarized in a certain way by the object itself; if it is further polarized when it reaches us, we conclude it has traversed a galactic magnetic anomaly — a place where the galaxy's field lines have been altered. When we plot these anomalies on a sky map and find they cluster together, we conclude we've found another bubble from an old supernova; our total to date is four." Do these bubbles expand forever? "No. In time the shell of ejecta grows slower, cooler, and more tenuous, and the bubble breaks up."

Like all astronomers, Jacques Vallée wrings everything out of his data that he can. One surprising sidelight of his search for magnetic supernova remnants is a simultaneous Search for Extra-Terrestrial Intelligence, or SETI.

"Since our magnetic-field scan looks at the polarization of photons, it's a simple matter for us to seek RF sources with more than 70 per cent polarization," Vallée says. "Emission so highly polarized would almost certainly be the product of an advanced technology. The signals of Earth's radio transmitters, for example, are more than 70 per cent polarized."

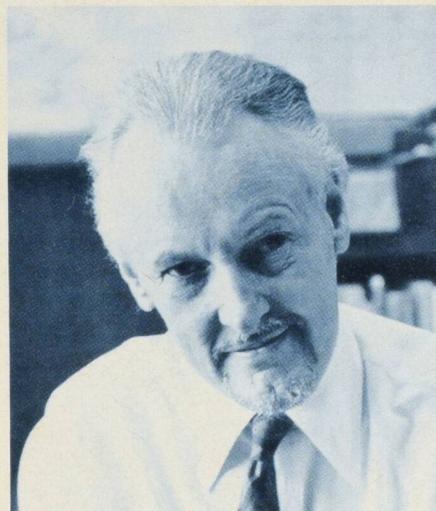
Paul Feldman, who has been involved in SETI on and off for years, believes such searches must be a very long-term affair: "Anyone promising we'll live to see positive results from them is raising unrealistic hopes." Paradoxically, one of the factors which may make SETI take so long is its uncertainty: with such an unknown likelihood of success, it must make do with smaller telescopes and time fit in on larger ones. But such are the rewards of discovering other societies in our universe that SETI will probably continue for a long time to come.

Swan River, Manitoba. Most aspects of radio astronomy are passive. A photon takes about four years just to come from the nearest star, and photons arriving from a



Schematic of a radar experiment for the proposed ISTPP program. The view is straight down at northern Saskatchewan. Two unmanned radar sites (A and B) each emit eight beams at one thin layer of Earth's upper atmosphere: these beams create a grid of $8 \times 8 = 64$ 'cells.' Changes in radar signals reflected from each cell will tell ground-based scientists about how clouds of slow-moving atmospheric electrons interact with the Earth's magnetic field and the solar wind. (X on top cell is formed by arcs centered on the radar sites, showing the extreme range of both.)

quasar may have taken billions of years to get here. The idea of 'talking back' to such a source is absurd — we're seeing the past; quasars may



Alister Vallance Jones

not exist any more. But closer to Earth, in our own astronomical backyard so to speak, distances are small enough to permit a more active discipline — radar astronomy.

'Radar' is an acronym for 'Radio Detection and Ranging.' A radar

astronomer sends out pulses of RF photons and records the echoes returned from what is being investigated. For this kind of astronomy, the big dishes of radio astronomy become radio emitters as well as radio receivers, able to send out RF pulses as far as the nearer planets (or comets) and detect the reflections.

"People may not consider studies of the Earth's upper atmosphere to be astronomy, but this is certainly the case," says Dr. Alister Vallance Jones of the Herzberg Institute's Planetary Sciences Section. "The same processes we find 110 km above the Earth are present in the magnetosphere of Jupiter, as well as in the sun and other stars. There's a repetition of the same basic themes on a progressively larger scale."

Vallance Jones's current project is ISTPP, the International Solar-Terrestrial Physics Program. Vallance Jones and his American, European and Japanese colleagues will soon be using radar to study the Northern Lights.

"The aurora is extraordinarily complex," Vallance Jones says. "It involves both the Earth's magnetic

Continued on page 19

How a Radio Telescope 'Sees'

All telescopes work by concentrating photons. Radio telescopes detect RF (radio-frequency) photons, which are of longer wavelength and lower frequency than the optical photons our eyes see.

What facts do photons carry to a radio astronomer? The first is wavelength. As well, any stream of photons will have a measurable intensity. An astronomer can also detect polarization, a photon's tendency to vibrate electrically in one plane. Next are the sky co-ordinates, the positions from which the photons appear to originate. Finally, all these quantities can change over the fifth variable, time.

Most radio dishes are paraboloids, surfaces which reflect parallel streams of photons to a single point. As RF photons converge on this point, a collector and transmission line guide them the short remaining distance to a detection system.

At this point, a radio astronomer can correlate any of the five basic variables with any of the others. There are 10 combinations. For example, the astronomer may plot total photon intensity against sky co-ordinate; the result is a map. Alter-

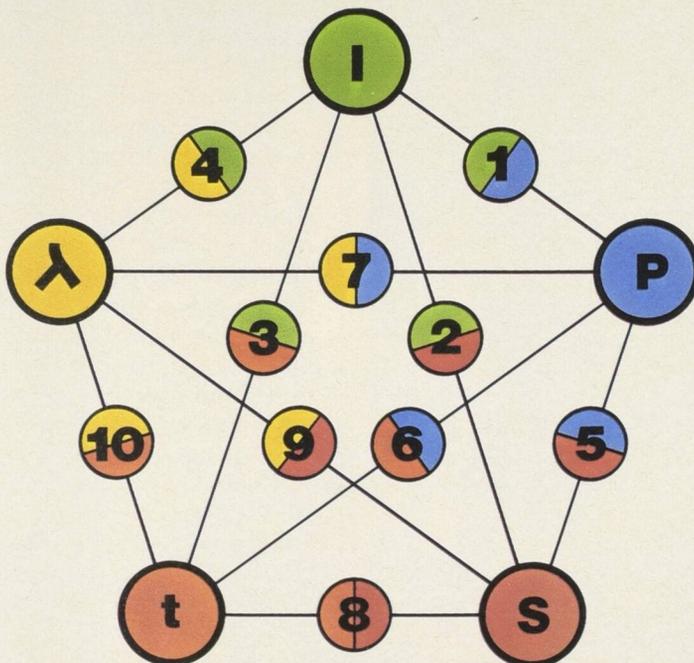
natively, he or she can plot intensity against wavelength; then the result is a spectrum. (See diagram for the other eight combinations.) NRC's Herzberg Institute has an inherent advantage in spectral searches for new molecules because of its affiliated spectroscopy section, which creates and studies, in the laboratory, spectra (optical, ultraviolet, infrared, and radio) for new molecules that NRC astronomers may seek in space.

Receiver type depends on frequency. From 400 MHz to 15 GHz (400 million to 15 billion cycles per second), astronomers are increasingly using GASFET's, Gallium-ArSenide Field-Effect Transistors, to amplify the weak extraterrestrial radiation. These are devices, cooled by liquid helium to around 15 K (Kelvins, or degrees Celsius above absolute zero). RF photons from 15-50 GHz are best suited to 'masers' — Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation. (Masers are lasers lasing in the microwave range: lasers were originally called 'optical masers,' since masers were discovered first.) Above 50 GHz, on the borderline between microwave and infrared, engineers use devices called

'cooled mixers,' which step down the frequencies of detected photons to the point where masers or GAS-FET's can handle them.

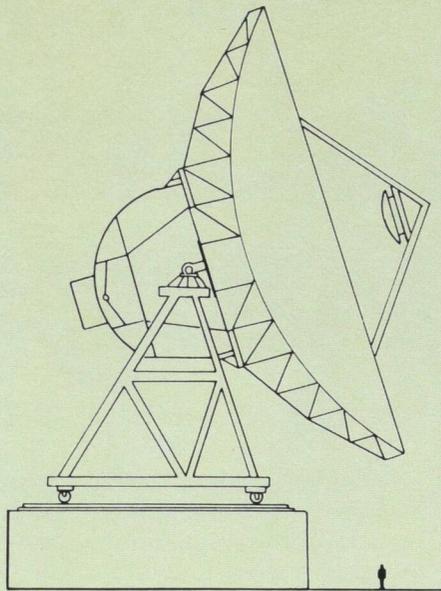
Polarization detectors are called 'polarimeters.' The simplest polarimeter is a grid of parallel metal wires. Photons from an unpolarized source will get through this grid whatever its orientation; but for a polarized source, rotating the polarimeter grid will turn the flow of polarized photons on and off like a valve. The 46-m ARO dish, according to the NRC astronomers who use it, has a particularly low (0.5%) 'intrinsic polarization' — the spurious polarization added to an incoming signal by the telescope itself.

Resolution is one way of judging a telescope's excellence. There are two kinds of resolution. *Angular resolution* is the fineness of detail that a telescope can discern. It's measured in angles. By definition, a circle divides into 360 degrees. Each degree splits into 60 arc-minutes; each arc-minute into 60 arc-seconds (arcsec). Thus there are $60 \times 60 \times 360 = 1\,296\,000$ arcsec in the complete circle on the sky. In the optical range, the Canada-France-Hawaii Telescope (CFHT) has already resolved objects as small as 0.25 arcsec, to date the best ground-based optical resolution in the world.



Radio astronomers work with five basic variables: frequency/wavelength, intensity, polarization, sky coordinates, and time. Plotting any of these against one of the others is a way of studying what celestial radio sources are doing. Here are the ten possible combinations, each with a representative use:

- 1) Intensity vs. polarization: radiation mechanisms
- 2) Intensity vs. co-ordinates: source structure (sky maps)
- 3) Intensity vs. time: variable sources (quasars, pulsars)
- 4) Intensity vs. wavelength: line & continuum spectra
- 5) Polarization vs. co-ordinates: source structure (radiation mechanisms)
- 6) Polarization vs. time: emission mechanisms
- 7) Polarization vs. wavelength: electron densities
- 8) Co-ordinates vs. time: 'superluminal' motion (apparently faster than light)
- 9) Co-ordinates vs. wavelength: mass motions in gas clouds
- 10) Time vs. wavelength: relative motions of extragalactic objects and gas clouds



John Bianchi

Spectral resolution is largely a matter of 'back-end electronics' — the equipment, designed by microwave engineers, that astronomers use to sift through spectral data and 'bin' it (classify it accurately by wavelength).

You can predict any telescope's ideal angular resolution if you divide its diameter by the wavelength of the photons reflected. Because optical wavelengths are far shorter than radio wavelengths, much smaller reflectors can give equivalent resolution. Alternatively, to obtain anything like an optical reflector's resolution, RF reflectors would have to be impracticably large. The 46-m dish at NRC's Algonquin Radio Observatory is considered of medium size; but even at its shortest operating wavelength, its resolution is still 200 times poorer than that of the CFHT. Britain operates a 76-m steerable dish at Jodrell Bank, and the United States has lined a natural valley in Arecibo, Puerto Rico, with RF-reflective aluminum to create a fixed radio dish 300 m in diameter. To pick up the photons that this non-steerable dish reflects, astronomers at Arecibo move a cable-suspended, 600-tonne instrument platform suspended above the bowl.

Multiple dish arrays can be used to obtain angular resolutions that surpass those of single radio dishes. These arrays can be grouped closely, as at DRAO, but a technique pioneered by Canadian scientists

Linked by long-baseline interferometry, arrays of radio telescopes have attained astronomy's best angular resolution to date. The proposed Canadian Long-Baseline Array would site up to nine of these 32-m dishes across Canada, creating baselines up to 5 000 km long.

called very-long-baseline interferometry (VLBI), has enabled arrays to achieve resolutions even greater than those of optical telescopes. Arrays are now the best way to see fine detail in celestial objects. Radio signals from a common source are detected at different points, and the data combined in a computer, to resolve details smaller than 0.001 arc-second (like recognizing a dime 2 000 km away). Two variables determine the resolution of such large arrays: wavelength and 'baseline length,' or the distance separating the linked telescopes. For such techniques, timing is critical: receivers must link up in real time via satellite, or else record their data alongside accurate signals from an atomic clock. This is how the proposed Canadian Long-Baseline Array (CLBA) would work. One version of the proposed array would site eight 32-m paraboloids across Canada from Newfoundland to B.C., creating a 5 000-km baseline that could resolve celestial details as small as 0.000 1 arc second. A ninth antenna in Yellowknife would let the CLBA make observations on such Earth-bound things as continental drift.

Continued from page 17

field and the solar wind — the high-energy electrons and protons that stream toward us from the sun. We're using radar to find out about these electrons and the magnetic fields they flow in."

Vallance Jones's portion of ISTPP is ground-based — although the NRC astronomer calls his unmanned radar posts, which will output their data by telemetry, "satellites sitting on the ground."

How can radar sense electron flow? Incoming high-energy electrons produce clouds of low-energy electrons in the upper atmosphere, and these low-energy charges will return a radar pulse. First, eight radar beams from each of two ISTPP ground stations will define 64 'cells.' Then, electron velocity in a given 'cell' will show up via the Doppler effect, which shifts the echo's frequency. The third co-ordinate, height, is set conveniently by nature — the processes to be explored occur only in a thin layer of the Earth's ionosphere. (See p. 17.)

Like most of today's radio astronomy, ISTPP applies very recent scientific and technological advances. Its radar will be teamed with ground-based photometers tuned to various wavelengths of visible light, and several sensitive magnetosphere-sensing satellites as well.

In a scant half century, radar and radio astronomy have revolutionized the way we see our cosmos. Many of the most exciting new objects in the heavens have been found through their radio emissions: pulsars, quasars, giant molecular clouds, stellar winds. Why has radio astronomy proven so valuable?

Basically, radio astronomy detects phenomena that would otherwise stay undetectable. When certain molecules rotate, or when electrons accelerate in a magnetic field, they announce their activity with RF photons. As scientists have developed better ways to observe this radiation, so they — and all of us — have prospered in our common quest for the invisible. And in doing so, we have found a universe more violent, strange, and beautiful than anyone, including the man who started it all, could have predicted in 1932. ☾

Micromycology

Attack of the Killer Fungi

by Bill Atkinson

This jungle is a strange and complex ecosystem. Moving through it is a group of worm-like creatures known as nematodes, each slated for a different fate.

The creatures cross a mat of creeping vines. Here and there the vines form loops, which the nematodes find difficult to avoid. Gingerly, one nematode puts its head through a loop — and finds itself caught. Struggle as it will, it is held fast by a powerful adhesive. The other creatures continue on, and one encounters a different sort of loop. The nematode's entry into this is tentative; for a while the going seems safe. But suddenly the loop's inner perimeter explodes inward, constricting the nematode in a noose. A third creature avoids both types of loop but brushes against a sticky

pod, which breaks away from a vine and clings to its skin; although the nematode continues unimpeded, it has only a short time left to live. A fourth nematode dies in the most bizarre way of all. Touching a small cylinder anchored to the vine-mat, it begins to writhe convulsively as if transfixed: the cylinder has injected it with a deadly fungus. One final nematode escapes these dangers long enough to reproduce. It is a robust specimen, fully half a millimetre from tip to tail.

"It's a dark, dangerous underworld," says Dr. George Barron, lighting up a cigar. "The more we examine this ecosystem, the more complex it proves. What makes it all the more fascinating is that it lies scant centimetres away in the soil beneath us."

Illustrations by John Bianchi



Dr. Barron is professor of environmental biology at the University of Guelph, Ontario, and a world authority in the esoteric study of fungi that kill nematodes. Barron:

"Plants produce lignified cellulose, a strong and durable material that functions as their skeleton: wood is mostly lignified cellulose. It's so inert that we'd be up to our ears in debris without specialized biosystems that attack and digest it. Some of these recycling organisms are insects, like termites; others are bacterial. Most important of all, however, are the fungi.

"There's a problem with dining on a cellulose-lignin salad: it gives you far more carbon than you need, but far less nitrogen. Breakdown organisms need a carbon-nitrogen ratio of 30:1 to sustain themselves, and wood substrates have ratios of only about 1000:1. The extra nitrogen must come from somewhere. A few breakdown organisms simply process vast amounts of cellulose to get their nitrogen — these are the 'herbivores.' Others get what they need by preying on small animals, whose protein is more rich in nitrogen than is a carbohydrate like cellulose. Nematodes and rotifers make excellent food for a whole group of fungi that attack them; we suspect these fungi began as simply degraders of cellulose or lignin, but 'learned' that nematodes could be a nitrogen source."

Most of us know fungi in the form of edible mushrooms, but these are much more complex than they seem. Every fungus lives through several stages. The part we eat is only one stage, designed to spread the spores that are the fungal equivalent of seeds. But below every mushroom and toadstool is a mass of in-

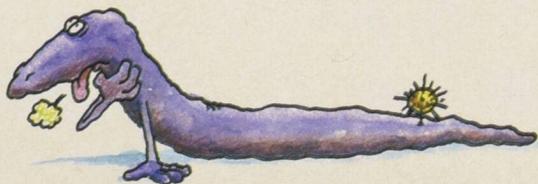
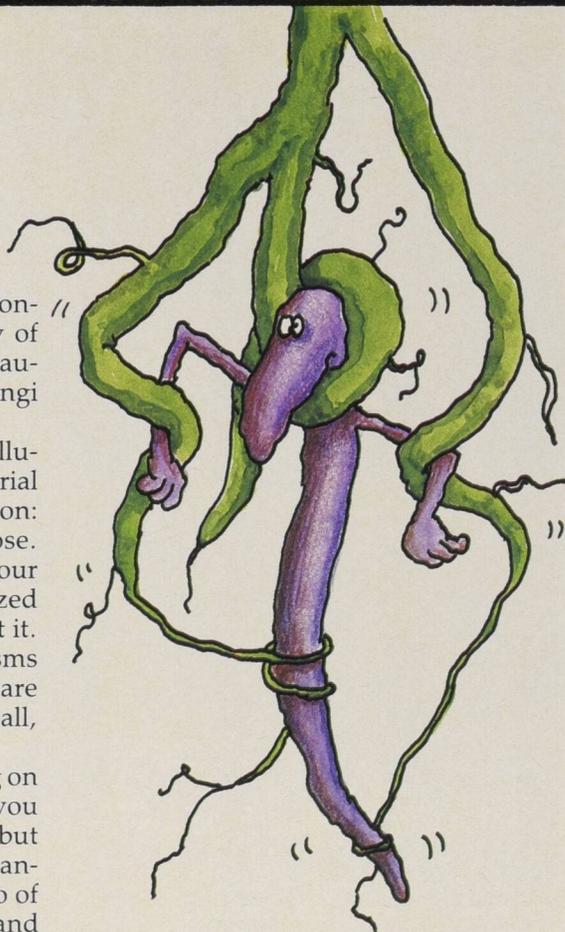
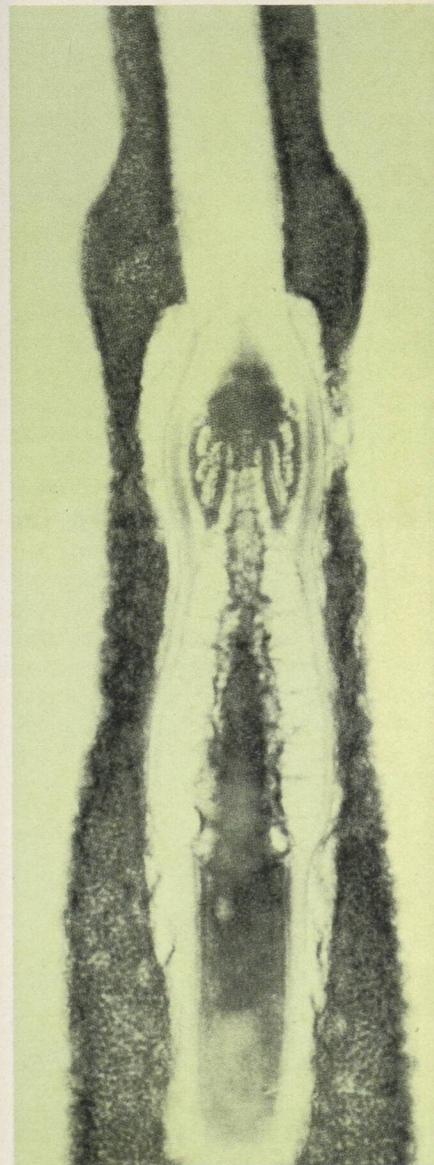
terwoven, threadlike filaments called 'mycelium.' It is this micro-jungle, invisible to the unaided eye, that feasts on nematodes and other species of microscopic animal life. On this small scale as on the large, says Barron, nature is red in tooth and claw.

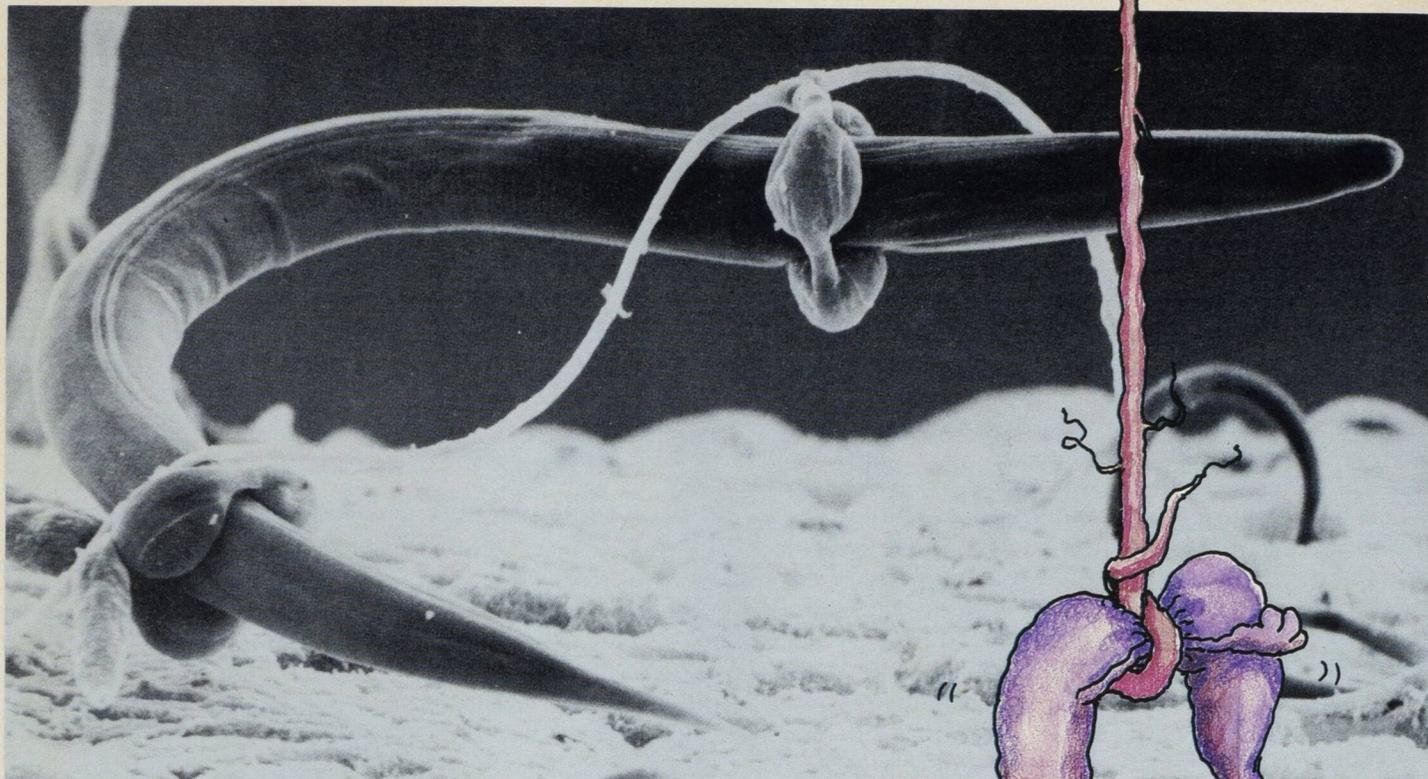
"With their ability to capture and digest microscopic animals, the nematode-destroying fungi resemble a carnivorous plant such as the Venus fly trap, only very much smaller. In fact, fungi make life pretty tough for rotifers and nematodes. Some get in their victim's mouth and turn themselves in like corkscrews; others imbed themselves with hooks." The imaginary herd in our opening paragraph fell afoul of fungi armed with sticky loops, constrictor snares that snap shut in one-tenth of a second, infective bodies that detach and cling — and, amazingly, the tiny hypodermics that Barron calls 'gun cells.' Whatever the mode

of infection, the result is the same: fungal spores develop inside the nematode, killing it and using up its nitrogen-rich protein to reproduce.

It is Barron's task to reconstruct this arresting tale, and like any com-

A transmission electron micrograph of a *Haptoglossa mirabilis* 'gun cell,' showing the harpoon-shaped projectile stored in the centre. When a nematode approaches, osmotic pressure fires the projectile through the nematode's tough outer cuticle. (Photo by J. Robb, University of Guelph)





petent detective he is both passionate and serene. His favorite villain is the gun cell, the infective stage of a new species of *Haptoglossa* fungus which he discovered in 1978. The name he chose for his discovery betrays a detective's pleasure at solving a difficult case: *H. mirabilis*, 'the wonderful *Haptoglossa*.'

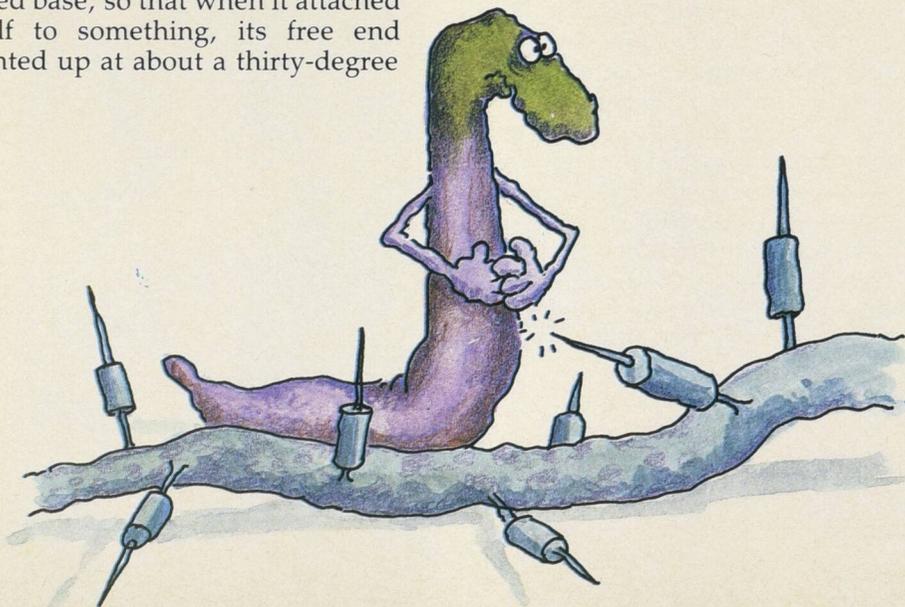
"We first used nematodes as bait, dropping them into greenhouse soil and then extracting them," he recalls. "We found later that the nematodes were infected with a previously undescribed species of fungus, whose spores looked strangely like a cannon. Each spore had a tapered base, so that when it attached itself to something, its free end pointed up at about a thirty-degree

Gotcha! A nematode in the deadly embrace of the predatory fungus *Arthrobotrys*. This scanning electron micrograph by G.L. Barron and N. Allin shows how cells inside the fungal loops have expanded explosively in response to the victim's body heat. The killer fungus will now inject its own protoplasm into the nematode, digesting it from within.

angle. When live nematodes swam in front of these cells, they would suddenly writhe as if shot." In fact, this is exactly what had happened. "When my colleague Dr. Jane Robb and I examined these infective cells under high magnification, we saw a dense, harpoon-like projectile, sealed inside a hollow tube which

extended to the muzzle of the 'gun.' We believe that the instant a nematode brushes the gun muzzle, a trigger is released. Immediately, osmotic pressure fires the projectile out through the tube and past the nematode's outer wall. Then a micro-hypodermic is thrust through this hole, and the protoplasm of the gun cell flows up through the tube to infect its victim." The size of this deadly projectile? About a micrometre — one ten-thousandth of a centimetre. Beat *that* for intricacy, James Bond!

Gun cells do not always hit their targets. Barron has photographed dead gun cells whose infective spores still protrude from their muzzles: these appear to have 'misfired' — and, says Barron, "If they miss, they die, for they can't reload and fire again. Evidently it's no easier being a predator than it is being prey" — even for a microscopic fungus with a killer streak. ☾



Dr. Kartha and Cassava

Plant science aids a Third World crop

by Paul Tisdall

The year is 1955. In the south Indian province of Kerala, Kutty Kartha, the 13-year-old son of a local landlord, plants the equivalent of what in Canada would be a backyard potato patch. In this hot and humid tropical monsoon area of southern India, however, the crop is cassava. A root crop resembling our sweet potatoes, cassava is propagated from stem cuttings. It can be harvested anywhere from seven to eighteen months later by uprooting the bushes sprouted from the cuttings. The roots are boiled or fried like potatoes, or processed to make flour for baking.

This year, however, the leaves of Kutty Kartha's cassava wither and die and the roots fail to develop. At the time, Kartha now recalls, "I didn't know what was happening." His crop was, in fact, destroyed by a mosaic disease, which reduces yields by as much as 75 per cent. The disease is thought to be caused by a virus. Even today, there is no effective way of combatting it once it is established.

It is a long way from the tropical monsoon areas of southern India in the 1950's to today's Plant Biotechnology Institute of the National Research Council located on the campus of the University of Saskatchewan in Saskatoon. But it is here that Kutty Kartha, now a grey-

ing and moustached 42-year-old research scientist with a reputation for phenomenal productivity, is to be found. Dr. Kartha's specialty is the application of the most advanced techniques of modern biology to the improvement of agricultural crops. For over a decade, he has been working to improve the cassava crop of his Indian boyhood.

Cassava or manioc is, in fact, a crop of singular importance for feeding the most undernourished populations of the planet. In the developed world, it is known almost exclusively as tapioca, an occasional dessert. But it supplies the major food staple for over 500 million people located in the poor, tropical regions of Asia, Africa, and South America. In Dr. Kartha's native southern India, for example, approximately 25 million people average a daily consumption of about 2940 joules each (or 700 dietetic calories).

Cassava's widespread use in these poor areas is explained by its ability to produce decent yields under the low-input agriculture practised by small plot farmers with few resources. It is highly tolerant of low nitrogen and other nutrient levels, high soil acidity and low or irregular rainfall — conditions that would literally destroy other major food crops. As well as its use for human food, over 20 per cent of the cassava grown is fed to animals.

Virus-free plants regenerated from meristems of a diseased cassava plant.



Despite its value as a poor people's crop, Dr. Kartha describes cassava as "neglected". Little research money has been channelled into improving current varieties which are inbred and genetically inferior. Nor has there been a concerted attempt to rid it of the diseases and pests which are still the major factors reducing productivity.

Dr. Kartha's aim is to fill this research vacuum. The disease and breeding problems he confronts are inextricably linked. Cuttings used to propagate cassava carry and perpetuate the diseases from year to

Cassava plants growing in a field in Colombia, South America. The crop is a major food staple for over 500 million people in the developing world.



K.K. Kartha



Al Lutzko, FBI

year. Major breeding centres, such as those in Colombia and Nigeria, are reluctant to exchange breeding stock because they would also be exchanging these diseases. A disease which is merely damaging to Nigerian stock, for example, might be fatal to non-resistant Colombian strains.

Dr. Kartha uses what is known as "meristem culture" to derive disease-free breeding and planting stock, a technique he learned soon after leaving India. When he finished his doctorate at the Indian Agricultural Research Institute in New Delhi, Kartha moved to France to do postdoctoral work at the In-

Dr. Kartha isolates meristems by a microsurgical technique. Technician Nick Leung works in the background.

stitut National de Recherche Agronomique in Versailles. Here, he teamed up with Professor Georges Morel, the father of the meristem culture technique.

The meristem is the area of rapid cell division responsible for growth in plants. Typically located at the tips of roots and shoots, it is only about 0.3 mm in length. In the meristem culture technique, the meristems are surgically removed under a microscope and planted on a solid medium fortified with nutrients and hormonal growth regulators. By altering experiment protocols, the minute pieces of tissue can be coaxed to form calluses, or masses of growing cells, which differentiate into shoots and roots and, eventually grow into mature plants.

Culturing tissues from other parts of plants as well as meristems has already received widespread application in the nursery industry.

plants which, like cassava, perpetuate diseases when propagated either vegetatively or through seeds. But the rapidly dividing meristem cells, typically only a few hours old, have been found to be virtually disease-free. Cultured under aseptic conditions, they can generate massive numbers of new plants which are also disease-free. The healthy clones can then be used both for crops and breeding programs. Georges Morel, Dr. Kartha's French colleague, demonstrated this as early as 1952 when he cultured the meristems of virus-infected dahlias and regenerated virus-free shoots.

In 1973, however, when Dr. Kartha arrived at the NRC's Saskatoon Lab from his sojourn in France,

Starting from scratch, he achieved rapid success in developing a protocol for the meristem culture of cassava. Since then, trainees have been sent from the major cassava growing countries to Saskatoon to learn Kartha's techniques. Meristem culture has become the preferred method for propagating cassava throughout the world. As a result, the disease-riddled and unproductive cassava crops Dr. Kartha knew in his youth are gradually being replaced by far more productive and healthy ones.

The Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) in Cali, Colombia, one of the two main storage depots for cassava germplasm, has taken Dr. Kartha's research a step



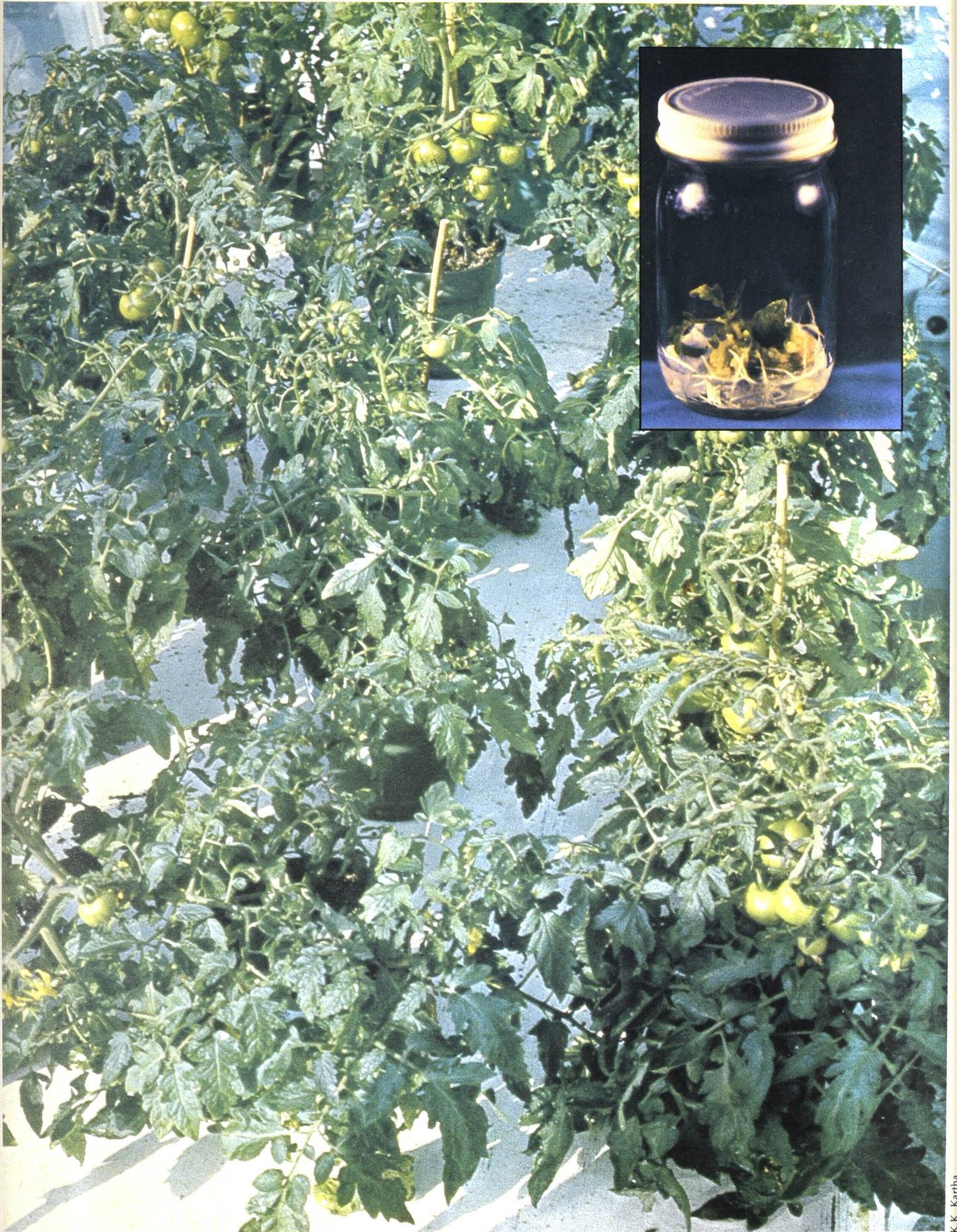
In fact, ornamentals such as African violets and Boston ferns are now routinely cloned by tissue culturing. As many as 1,000 plants can be produced from minute quantities of starting cells and can be ready to plant within a matter of weeks.

The chief benefit of culturing meristems, as opposed to other plant tissues, is the ability of these cultures to provide disease-free planting material. There are many

Disease-free cassava plant (right) produced through tissue culture from a plant afflicted with mosaic disease (left).

he recalls that "people knew next to nothing about cassava tissue culture. So the purpose of my research was, first of all, to develop a technique for using tissue culture to propagate cassava; and, secondly to use this technique to produce plants free of disease."

further. Previously, in order to maintain cassava varieties, it was necessary to plant new crops in the field every year. Now, however, meristem culture is used to generate disease-free plantlets which can be kept in test tubes under slow growth conditions for up to three years. The numerous advantages, Dr. Kartha explains, are that "they can cut back on labour and space, plus avoid all the risks of reinfection and un-



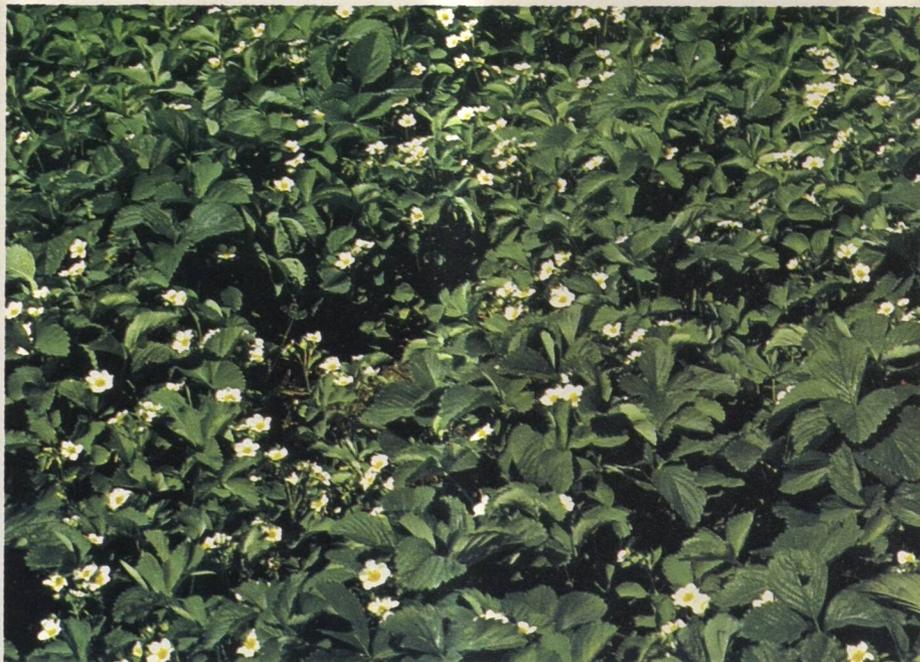
Mature tomato plants, grown from leaf tissue culture (inset).

predictable weather which could destroy valuable collections." In addition, international gene banks can now exchange disease-free breeding material in tissue culture form.

Dr. Kartha's current work with cassava is, in fact, concerned with the maintenance of the germplasm pool — a problem widely described as reaching crisis proportions for most major food crops. Ironically, the crisis can be traced in large part to the success of the Green Revolution. The adoption of a few highly productive crop varieties over broad areas has led to the disappearance of many local varieties rich in genetic diversity. In Greece, for example, 95 per cent of the wheat varieties have been abandoned since the Second World War. The vulnerability of genetically uniform crops was brought home with a vengeance in 1970 when a single leaf blight destroyed 25 per cent of the U.S. corn crop.

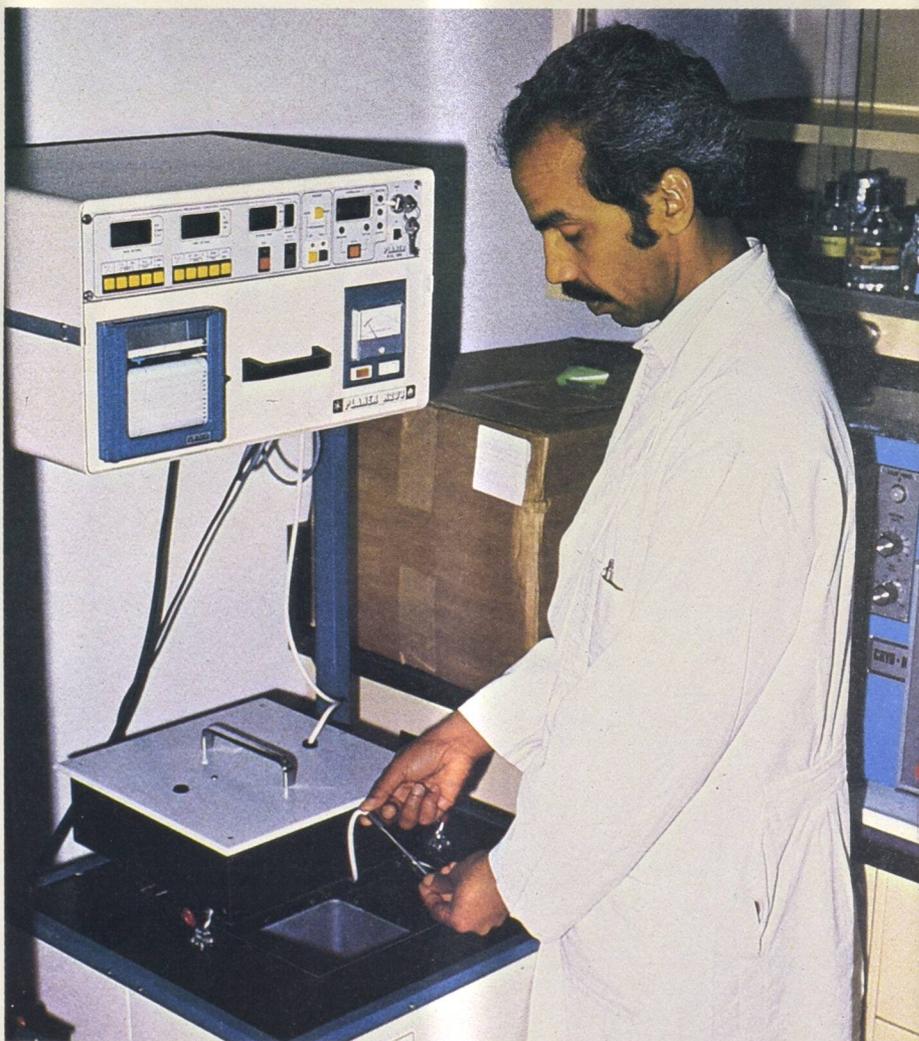
Dr. Kartha's current research promises to help solve this problem. It involves the long-term, ultralow temperature storage of plant regenerative tissue, a technique known as cryopreservation. Because of their disease-free nature, meristems are again the tissue of choice. One of Dr. Kartha's early successes was the cryopreservation of strawberry meristems in liquid nitrogen (-196°C). At the Plant Biotechnology Institute, strawberry meristems frozen for over three years have been cultured and the regenerated plants put into the field. Dr. Kartha reports that the crops are "tremendous" even after three years' cultivation. Moreover, he suspects that the strawberry plants regenerated from frozen meristems may be improved by the process. While strawberries in Saskatchewan normally suffer five to ten per cent winter kill, the cryopreserved crops have survived the winters unscathed.

The transfer of cryopreservation to cassava has been Dr. Kartha's thorniest problem to date. But, after labouring unsuccessfully for over three years, he was finally able to regenerate cassava from frozen meristems in 1982. Up until then, the meristems of only a few species such as pea, carnation, potato and strawberry had been successfully cryopreserved. The technique involves



K.K. Kartha

Strawberry plants regenerated from cryopreserved meristems and grown in the field for over 3 years. The plants are very healthy and high producers.



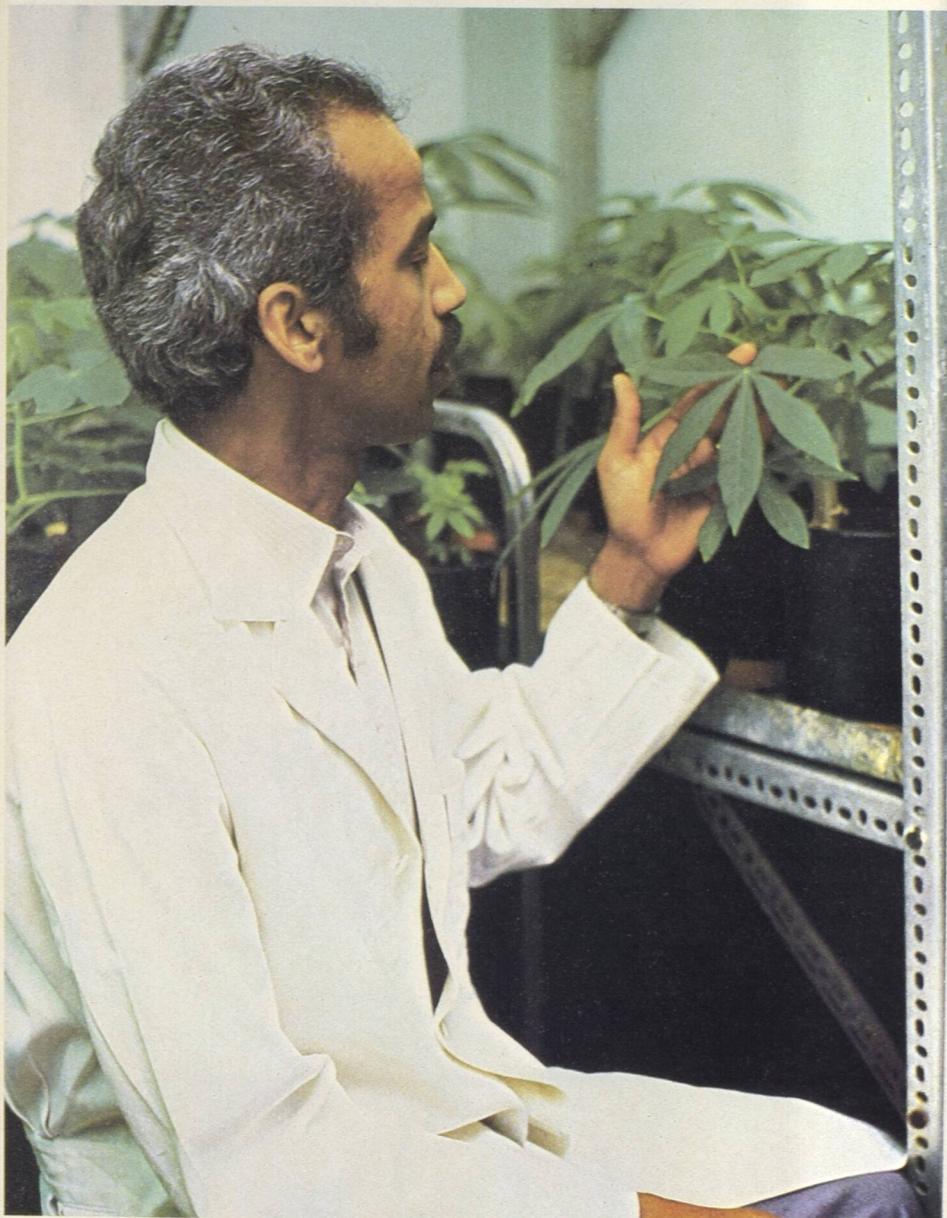
Al Lutzko, FBI

A sample of cells being introduced into the Biological Freezing Equipment for controlled cooling and cryopreservation.



Strawberry plants cloned from cryopreserved meristems. The meristems were stored in liquid nitrogen (-196°C) for over 3 years.

Al Lutzko, PBI



Kutty Kartha with cassava plants grown under totally controlled environmental conditions.

Al Lutzko, PBI

sealing the cryoprotectant-treated meristems in ampoules before freezing by controlled cooling. For cassava, however, an entirely new method had to be invented. The trick is to freeze the cassava meristems in droplets of cryoprotectant solution on aluminum foil. This results in extremely uniform cooling.

If this new technique proves broadly applicable to species which have so far resisted cryopreservation, it will open up the possibility of cheaply and safely storing crop germplasm in a disease-free and genetically stable condition for as long as a breeder wants. The Food and Agricultural Organization of the United Nations has recognized the potential impact of this new technique and is now providing support for Dr. Kartha's work.

No detailed studies have been undertaken of the impact Dr. Kartha's work is having in alleviating Third World hunger. However, field trials at the CIAT, Cali, Colombia revealed a significant increase of 52-53 per cent root yield in the first year from the plants regenerated by meristem culture as compared to the conventionally propagated material (W.M. Roca, personal communication). There is no doubt, then, that the impact is significant. Dr. Kartha is, in fact, following in the footsteps of other figures in the history of science whose work has had immediate and important practical applications. Louis Pasteur, for example, through his study of microbes, was able both to demolish the centuries old doctrine of spontaneous generation and make important contributions to medicine, industry and agriculture. Dr. Kartha too is one of those rare researchers who is able to combine work on the cutting edge of new science with practical applications of broad human benefit. ☾

Paul Tisdall is a freelance writer working in Ottawa.

SUZUKI

Nuclear Weapons . . . Culpability, Subjectivity, and Loss of Control

Like everyone else, I've been thinking a lot about nuclear weapons lately and I'd like to make three points that I think have yet to be considered.

(1) *Many prominent scientists are at the forefront of the movement to halt the arms race, but I have yet to hear one of them acknowledge that scientists may be especially culpable for the insane spiral of armaments.* Philip Morrison, who actually armed the first American atomic bomb, who was one of the first Americans to see Hiroshima after the A-bomb blast, who is a passionate opponent of nuclear armaments, nevertheless bristled in disagreement when I suggested that scientists had a special responsibility. But I stick by that claim. I don't believe that military strategists come up with the ideas for neutron bombs, binary nerve gases, new biological weapons, particle beam space platforms, and laser devices. They come out of the imaginative minds of scientists and are created by engineers and technologists, people who are often our colleagues and our students. There is intense pressure on science students in university to focus only on science, and this precludes any time for other courses like philosophy, literature, religion, or history. The result is that few scientists and engineers today are aware of the history of their professions, a history that might put their current activity into a different social perspective. The morality and ethics of science and technology and the social responsibilities that accompany professional careers are not matters of discussion during our training. The implications of the tight linkage between research and applications for military and industrial use are simply not considered by ambitious graduate students. I think that scientists have a lot of thinking to do about their own peers when it comes to the nuclear issue and perhaps such thinking could eventually evolve a code of ethics for scientists.

(2) *My second point concerns the nature of the nuclear weapons debate and the part that personal and emotional considerations play in it.* If you've ever talked to someone whose position is different from your own on abortion, religion, or politics, you know that the factors in-



fluencing such positions are seldom based on reason. This is evident when two great scientists, Linus Pauling and Edward Teller, use the *same data* to reach opposite conclusions on the nuclear arms issue. In arguments, one person is often heard to exclaim, "You're being too emotional," or "You're taking this far too personally," as if emotions or personal involvement are irrelevant to the debate. If issues were simply problems like a mathematical puzzle, they would be readily solved with an unequivocal single answer. But human problems are incredibly more complicated by the emotional nonrational, culturally shaped reactions that tend to overwhelm the analytical functions of the brain.

I don't think we pay enough attention to this reality. In all of the talk about arms limitation and defence strategies, people are depicted as rational creatures. But the current climate of mistrust between the two superpowers must be seen in the historical and personal backgrounds of the leaders involved. In the end, the biases, the limitations in experience and knowledge of individual human beings, will be the overwhelming factors determining how nuclear weapons are used.

(3) *And finally, the technology to deliver nuclear weapons is now so accurate and quick, that it is literally out of human control.* All military strategy with respect to nuclear weapons is based on the assumption that both offensive and defensive strategies are rationally thought out and acted upon. I submit that it is impossible for people to respond as planned. Consider this:

The deployment of the Pershing II and SS-20 missiles in central Europe now bring targets within a 10-minute range. To cope with that stark reality, about three-quarters of the 4000-odd satellites are there to spy for the military. In principle, they can detect a missile launch seconds after it leaves its silo and can relay the information to military headquarters at the speed of light. Both the Soviet Union and the United States have invested billions of dollars to build "supercomputers" for the military. Yet over the past decade, NATO's computers have mistakenly identified flying objects as missiles over 150 times! Of course, it can be argued that the system must work because there hasn't been a nuclear launch but that is hardly reassuring in the knowledge that we can only have one mistake. The supercomputers are supposed to determine the nature of the attack instantly — the payloads, trajectories, targets, and probable damage. Yet we have to assume that several minutes of the 10-minute window will be used by human brains attempting to verify the computer's analysis, to assimilate the implications, and to take action. If it is indeed a deliberate attack, I would expect it to be started at an "inconvenient" time for the enemy, say at 3:00 a.m. Christmas night. When the commander-in-chief is finally roused with the news, can we assume that he or she will be (1) instantly awake, (2) able to ignore concerns for personal safety, family, possessions, the world, (3) able to comprehend the information, the options, and the consequences, and (4) make the most reasonable decision? This simple scenario shows the absurdity of all the military planning. The technology of nuclear weapons is out of control because human beings simply cannot function quickly enough under the incredible pressures and time constraints. If the military thinkers realize this, then I assume that the supercomputer is programmed to analyze the incoming data and to determine the options and their consequences from moment to moment. Very quickly, in the 10-minute interval, the machine will indicate that there is only one option left and that it must be taken immediately or it's too late. Since, I believe, no human being can act on it, then the programmers must put the final decision in control of the computer. The technology, then, is literally out of control. ☹

Continued from page 2

very exciting research currently underway at Western. In fact, probably the most important experimental result ever produced in our laboratory came shortly before I left, within the last year.

Science Dimension: Could you explain this?

McGowan: Everybody accepts nuclear physicist Hans Bethe's proposition of many years ago that a nuclear reaction is the energy source within the sun. Now, the astrophysicists sit down and they say, "Okay, we know the size of it; we know something about the density of it; we can now calculate how much energy should be coming from the sun." But when we make a measurement and compare it with the calculation, we find that the sun is actually ten times colder than what we think it should be according to all the calculations.

It turns out that the processes of electron-impact excitation and recombination, the electrons recombining with the ions in this giant plasma, the sun, are what limits the temperature. As the nuclear reaction tries to drive it up, hotter and hotter, electrons and ions come together and they radiate, they give off light. The process of giving off light cools the plasma, so it never reaches the temperature which the theoretical astrophysicists have predicted.

The principle process for this loss of energy is a type of recombination which Dr. Gerhard Herzberg and I both agree is very badly named. It's called dielectronic recombination — a horrible name. It took me a long time to figure out what the devil it meant, but actually it's very simple. When an electron moves up to a highly stripped ion in a hot plasma like the sun, the probability of it being captured by the ion is very small. Since electrons only interact with the ion for a very short length of time, 10^{-15} seconds, most electrons will just scatter by.

The process of dielectronic recombination is a very special one. At certain energies an electron can come up to an ion and temporarily excite one of its inner electrons. This will push one of the ion's electrons up into another energy level, and, in the process, the impinging electron loses enough of its own energy that it gets trapped. The system will remain like this for a period of about 10^{-12} seconds, about a thousand times longer than with no interaction at all. This is long enough for one of the electrons to radiate, to give off a photon and stabilize the system. Dielectronic, then, means that two electrons are involved in the process of recombination.

Dielectronic recombination is the dominant recombination process in stars and in fusion reactors. It is the big energy loss mechanism that won't let us get our fusion machines up to the high temperatures we want them to reach. As we keep dumping energy into the fusion machines, it keeps coming out in photons through this process.

Last year, our laboratory was the first in the world to measure the process of dielectronic recombination. People everywhere in the world had been trying to measure it but we got there first.

Science Dimension: Working in this way with atomic collisions, then, has been the main line of your research since graduate school?

McGowan: Yes, that's right. It's also the line I'm leaving behind to one of my colleagues at Western who will continue with my laboratory.

The field that I hope to continue while here in Ottawa is the interactions of X-rays with some polymers and living cells. Again, it's a type of collision, if you like. In this instance, we're interested in two main applications. Because of their very short wavelength, X-rays can be used to make very small microcircuits. Also, we're interested in X-ray microscopy: the shorter wavelengths allow us to look at smaller things. We're now at the point in X-ray microscopy where we can look at live cells and watch what's happening in them. What we'll be publishing over the next year will, without a doubt, eclipse anything else that's now available in this field.

Science Dimension: Can heading a museum match this kind of excitement?

McGowan: Definitely, I've always wondered how a person could be so lucky as I've been to be paid to do things I enjoy so much. I've never been involved in an area that I haven't loved and working with the museum is no different.

Science Dimension: Everyone who pays a visit to this museum seems to go away absolutely enchanted with it. Can you relate some of its history?

McGowan: The museum was founded by a very remarkable man, Dr. David Baird, in 1967. David was a professor of geology at the University of Ottawa at the time. He is also a hard-nosed individual who is not easily deterred and he just did it. He started with very little and was able to bring the museum together in what really is an old bun factory. As a matter of fact, at one point the swamp at the front of the building, which was called "Baird's Lake", was threatening the building. In desperation to get the message to the minister that something needed to be done, they actually launched people in canoes onto this swamp.

As well as this main building, also under my direction is the National Aviation Museum, with a new \$20-million building under construction on the Rockcliffe Air Base — a living museum, if you please. There'll be airplanes coming and going there all the time. When Phase II of the construction is complete, there will be 100 planes on the floor of the one gigantic hangar.

As well as the Aviation Museum, we now have the National Agricultural Museum out on Agriculture Canada's Experimental Farm. It's not of the same magnitude as the National Aviation Museum. Yet I've been told by my curator that we have in storage one of the largest organized collections of agricultural artifacts in Canada and one of the best in the world. So I'm hoping that, within a reasonable time,



Dan Getz

we'll be able to set up a National Agricultural Museum similar to the Aviation Museum.

But again, what's exciting about the Agricultural Museum is that it's an alive museum. It's there in a barn that now has animals in the basement, and that's what we're trying to stress within this museum generally — it's alive.

Science Dimension: What are your plans for the museum?

McGowan: First of all, I couldn't imagine being in a better position for getting Canadian technology and the associated science to the people, which is what I want to do. This is the best institution in the country to do this, no question at all.

As I said, whatever we do, I want it to be alive. For example, in the printing exhibit we have a printer there discussing with people how you print. Or we'll have a microcircuit fabrication line here where you can see and talk to people who are doing this sort of work.

My colleagues and I want this museum to show the technologies that are developing now and to discuss the impact of these technologies. People are very afraid of the new technologies. Young people are worried that they're putting them out of jobs. Older people are saying: "God, how can we understand these things? How can we be a part of what is happening today?" Many new technologies are here and we need to understand them.

We've also worked up exciting public programs. We have one that's ready to go on the road called "Science Surprises"; it's an imaginative little play for young children and their friends that focusses upon exciting things in science.

Science Dimension: Where will it be travelling?

McGowan: Right now it has been circulating in the Ottawa region. But I hope that before long it will become a national show that we can take across Canada.

Science Dimension: That's a problem in this country. Because Canada is so large and so sparsely populated, when you centralize institutions like the museums in Ottawa, the majority of Canadians never get to see them.

McGowan: Canada's a very special country in that we don't really think of our national capital as the cultural centre of the country. In the United States, all Americans think of going to Washington to see the Smithsonian Institute, which is their national museum. Canadians haven't cottoned on to this yet. We don't think of our national museums in Ottawa in the same way. Yet, in our Museums Corporation which includes the National Gallery, Science and Technology, Natural Science and the Museum of Man, I find the potential for the best museum complex in the world.

But you asked me earlier about my plans. I not only want us to be a live museum, I also want to show Canadians the history of their science and technology. Why? Because Canadians have a real hang-up. They have very little confidence in themselves and in their science and technology. The Americans and the Europeans and the Russians can do it, but we in Canada really don't think we measure up.

What Canadians fail to realize is that our achievements in science and technology are first-rate. For instance, the Candu nuclear reactor is without doubt the best in the world; and yet, we're very nervous about this. Since it was done in Canada, we think it can't be all that good. Who in Canada knows that in areas of medical technology, aviation, telecommunication switching, agricultural technology and communications satellites, we are world leaders? We downplay this because it's somehow un-Canadian to talk about ourselves. Well, that's got to change and we've got to use the National Museum of Science and Technology to help change it. ☾

Canada

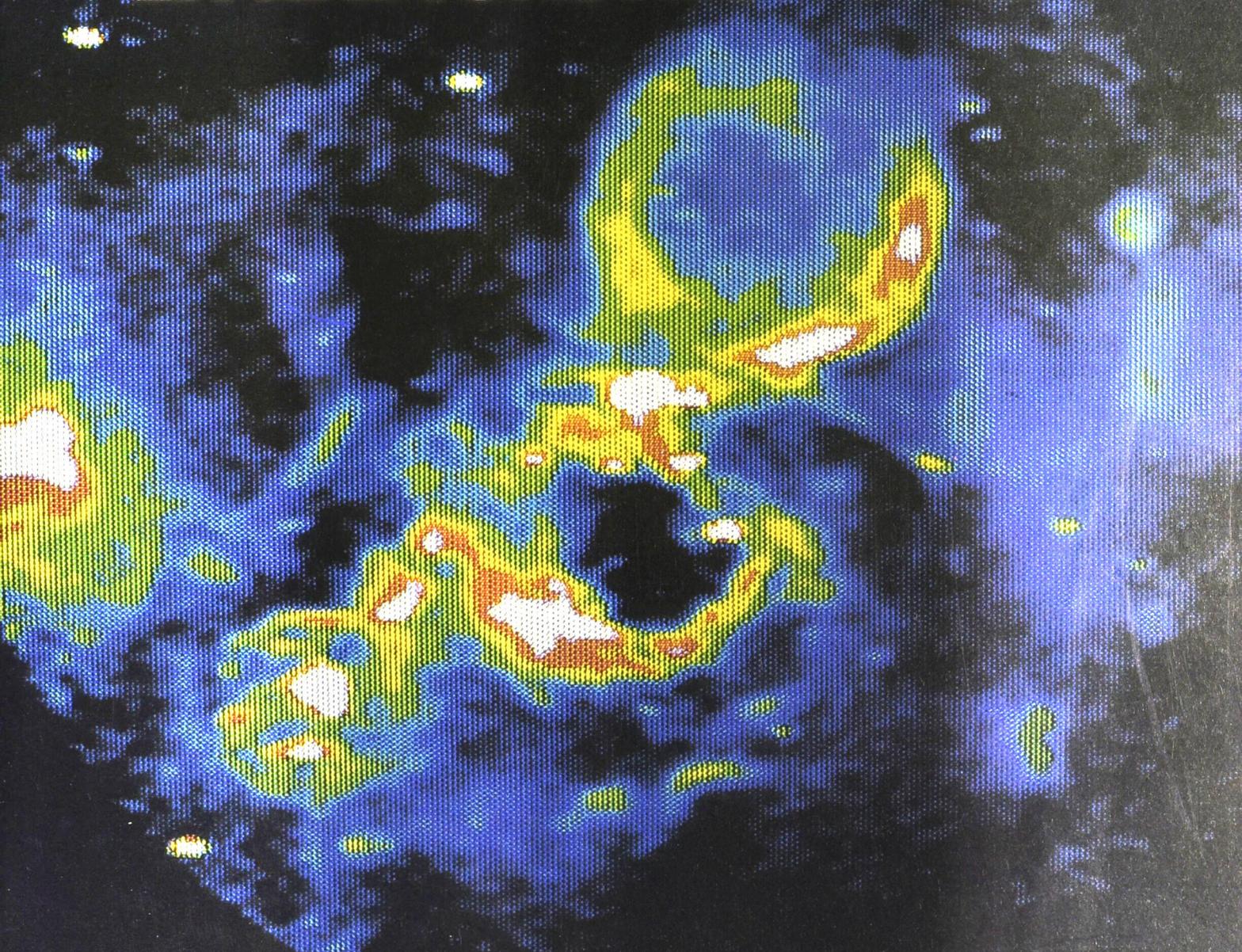
Canada Post	Postes Canada
Bulk Third Class	En nombre Troisième classe
K1A 0R6 Canada	

Changing your address? We need the number printed on the upper right of your mailing address label to make the change on our computer.

DIMENSION SCIENCE

1984/3

LA RADIOASTRONOMIE



DES CHAMPIGNONS TUEURS • DR KARTHA ET LE MANIOC

Bill McGowan: nouveau directeur du Musée national des sciences et de la technologie.

Les quelques dernières années ont été particulièrement difficiles pour les quatre musées nationaux du Canada, qui ont fait l'objet de reportages largement diffusés sur leur "situation désespérée" due à une insuffisance de financement et à des installations inadéquates. Mais on a maintenant délié les cordons de la bourse et alloué plus de 200 millions de dollars à la construction de nouveaux édifices dans la Région de la Capitale nationale.

Depuis janvier, le Musée national des sciences et de la technologie a un nouveau directeur en la personne du Dr William McGowan, physicien de London (Ontario) âgé de 52 ans. Tout comme son prédécesseur, le Dr McGowan se plaint des limitations de son bâtiment et de la faiblesse de son budget annuel, mais son enthousiasme pour le musée et pour le rôle qu'il peut jouer dans la vulgarisation de la science au Canada ne connaît pas de limites.

En prenant en main les destinées du musée, le Dr McGowan lui apporte une expérience enviable dans les domaines des sciences et du service public. Auteur de plus de 100 communications scientifiques, il a su également trouver le temps de participer activement au développement du Tiers-Monde par l'intermédiaire d'organismes

comme l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture et de siéger au conseil d'administration de nombreux organismes scientifiques et culturels. Depuis 1969, il occupe le poste de professeur de physique à l'Université de Western Ontario, à London (Ontario), où il a fondé le Centre d'études interdisciplinaires en physico-chimie, mondialement connu. Le centre regroupe des spécialistes de diverses disciplines scientifiques qui travaillent sur des projets aussi variés que la radiothérapie anticancéreuse, les interactions de la lumière laser avec la rétine, la microscopie aux rayons X des cellules, la mise au point d'un accélérateur, les réactions atomiques et moléculaires, le rayonnement synchrotron et la recherche sur les microplaquettes.

Marié et père de six enfants, le Dr McGowan est né et a grandi à Pittsburgh, mais c'est au Canada qu'il a passé la plus grande partie de sa vie adulte. En fait, c'est à l'Université Laval, sous la direction du président actuel du CNRC, le Dr Larkin Kerwin, qui était alors directeur du département de physique, qu'il a préparé son doctorat.

La spécialité du Dr McGowan, en tant que chercheur, est la physique des collisions atomiques. Il a dernièrement travaillé sur l'interaction des électrons avec les ions, connue sous le nom de recombinaison électron-ion. Comme il l'explique, la majeure partie de la matière de l'univers existe à l'état de plasma (constitué de particules électriquement chargées plutôt que d'atomes neutres) et la recombinaison électron-ion est donc un phénomène universel et extrêmement important.

Dimension Science a rencontré, par un beau samedi matin de mars, le nouveau directeur du Musée national des sciences et de la technologie dans son bureau, dont la fenêtre donne sur l'entrée



Dan Getz

"L'université nationale de la science pour la population."

principale du musée.

Dimension Science: Qu'est-ce qui peut bien amener un éminent physicien n'ayant aucune expérience directe dans la gestion d'un musée à accepter de prendre la direction du Musée national des sciences et de la technologie?

McGowan: J'ai consacré des années à la vulgarisation de la science et à faire connaître le rôle qu'elle joue dans le développement de la communauté. D'aucuns diront qu'un physicien devrait se contenter d'enrichir le patrimoine de connaissances fondamentales, mais je ne suis pas de cet avis. Je crois qu'un physicien, étant une personne douée d'intelligence, se doit d'employer une partie de son énergie à faire justement ce que nous faisons: expliquer les choses aux gens et contribuer à l'éducation et au développement culturel de la communauté.

Ainsi, quand je suis arrivé à Western, je n'avais jamais travaillé à la conception d'accélérateurs. Mais avec mes collègues, et en collaboration avec la division des produits commerciaux de

l'Énergie atomique du Canada limitée, j'ai dépensé beaucoup d'énergie dans l'étude d'un accélérateur d'électrons qui pourrait servir au traitement du cancer. Je ne l'ai pas fait seulement parce que ça me plaisait mais aussi parce que j'avais le désir irrésistible d'employer mes connaissances en physique à des fins concrètes.

De même, lorsque je travaillais au développement international, j'essayais de sensibiliser mes collègues à ce qui se passe dans la communauté. Ainsi, ma venue au musée n'est que le prolongement de cette partie de ma carrière.

Dimension Science: Quel aspect du musée vous passionne tout particulièrement?

McGowan: Lorsque je travaillais dans le Tiers-Monde et même dans notre communauté à London, j'ai compris que les musées pouvaient être utilisés de façon très efficace pour enseigner l'histoire de la science au grand public. Les musées spécialisés, ou les centres scientifiques comme l'Ontario Science Centre, sont merveilleux. Ils n'ont pas leur pareil pour capter l'imagination des gens. Le Dr Tuzo Wilson, directeur de l'Ontario Science Centre, en parle souvent comme du "laboratoire du public", c'est-à-dire un endroit où les gens peuvent expérimenter par eux-mêmes. Et cela est bien vrai. Je suis enclin à appeler ce musée "l'université nationale de la science pour la population". Nous sommes chargés non seulement d'offrir aux gens la possibilité d'expérimenter par eux-mêmes, mais aussi d'être les con-

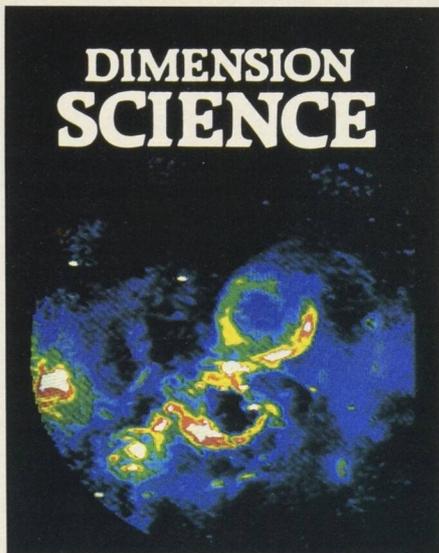
DIMENSION SCIENCE

VOLUME 16, N° 3, 1984.

Rédactrice en chef Madeleine Vaillancourt
Chef de la production Joan Borsu
Conception graphique Jean L. Richard
Réalisation graphique Carisse Graphic Design Ltd.
Imprimé au Canada par Dollco Printing

31159-4-0011

Entrevue	2
Lettres	4
Capsules	5
La radioastronomie Au-delà du visible	10
Le Dr Kartha et le manioc La science au service du Tiers-Monde	23
Micromycologie Les pièges des champignons tueurs	29
Suzuki	33

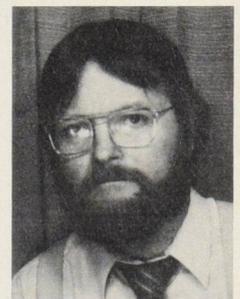


ORA

Notre couverture:

Cette portion du ciel de 3 degrés illustrant une partie de la constellation de la Flèche renferme un spectaculaire "reste de supernova" provenant d'une étoile explosée. Cette carte en fausses couleurs réalisée à 1 420 MHz représente les émissions radio de la source qui ont été encodées en noir, en bleu, en vert, en jaune, en rouge et en blanc par ordre d'intensité croissant. (Voir article *Au-delà du visible*, p 10)

Le rédacteur en chef de *Science Dimension*, édition en langue anglaise de *Dimension Science*, Wayne Campbell, a remporté deux des prix décernés chaque année par l'Association canadienne des rédacteurs scientifiques, le premier, dans la catégorie science et santé, pour son article sur les anticorps monoclonaux («Une révolution tranquille», *Dimension Science* 1983/1), le second pour son profil du Dr Saran Narang («Production d'insuline humaine», *Science Dimension* 1983/6) dans la catégorie science et technologie.



La revue *Dimension Science* (ISSN 0715-7509) 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*.

Lettres



NASA 2

Pour une deuxième année consécutive, une école publique du Québec se rendra en Floride pour un voyage éducatif au Kennedy Space Center.

En effet, une équipe de six (6) enseignants de l'école secondaire Pierre-Brosseau de Brossard travaillent actuellement à l'élaboration du projet "NASA 2". Ce projet d'envergure consiste à amener une soixantaine d'étudiants de secondaire I à Orlando en octobre 1984.

Vous comprendrez que cette visite revêt un caractère particulier compte tenu de la participation du premier astronaute canadien au programme de la navette spatiale américaine (le 1^{er} octobre ou vers le 24 octobre 1984).

Nous comptons sur votre collaboration afin de faire de "NASA 2" un autre succès.

Robert Hurteau

Enseignant en géographie
pour NASA 2

École Secondaire Pierre-Brosseau
8350, boulevard Pelletier,
Brossard, QC, J4X 1M8.

*NDLR — Tous les articles de **Dimension Science** portent sur les recherches en sciences naturelles et en génie qui se poursuivent, à l'heure actuelle, dans les laboratoires du CNRC et des universités canadiennes. La revue est bimensuelle et ne couvre pas les activités à caractère scientifique hors laboratoire. Nous vous souhaitons à vous, à vos collègues et à vos étudiants, un beau et passionnant voyage. Incidemment, la NASA a fixé officiellement au 1^{er} octobre le départ de la navette spatiale.*

Des fleurs

Je vous écris pour vous féliciter concernant la revue *Dimension Science*. Je la trouve très intéressante et extrêmement instructive, elle est assez facile à comprendre et elle nous tient au courant des choses nouvelles qui se passent. J'espère que vous continuerez encore longtemps de la publier.

Louise Gosselin

RR#2
Lac Drolet
G0Y 1C0

Une requête

Je reçois régulièrement la revue *Dimension Science* et aussitôt reçue je m'empresse de la parcourir d'une couverture à l'autre. Je vous félicite pour la qualité des articles et illustrations qui m'intéressent au plus haut point.

À la réception de mon dernier numéro, volume 16 no.1, renfermant entre autres l'astronomie terrestre, je n'ai pu m'empêcher d'admirer la page couverture, produite par l'artiste John Bianchi. Je désirerais savoir s'il est possible de se procurer une reproduction (en format "poster" si possible) de ce chef-d'oeuvre. Je pourrais ainsi profiter pleinement de cette réalisation artistique.

Claude Bissonnette

653 19 ième avenue
Sainte-Antoine, Québec
J7Z 4A6

*NDLR — **Dimension Science** n'a pas publié de reproduction de l'illustration de John Bianchi pour ce numéro.*

Des souhaits

Pour faire suite à la campagne de publicité concernant le magazine *Dimension Science*, c'est avec un vif intérêt que je vous demande un abonnement gratuit d'un an à ce périodique.

Nul n'est besoin de vous démontrer mon enthousiasme pour ce pas dans la bonne direction. Enfin un instrument permettant de démystifier la recherche et de renseigner Canadiens et Canadiennes sur la science et la technologie au Canada.

J'espère que ce magazine (de par sa popularité et par conséquent son intérêt) remplira son mandat et attirera l'attention du Gouvernement sur l'immense responsabilité qui lui incombe dans le domaine de la recherche scientifique au Canada.

Stéphane Lefebvre

2850, ave de Repentigny, app. 3
Montréal (Québec)
H1N 2Y7

Écrivez-nous!

Dimension Science est une revue vivante qui suscite chez ses lectrices et lecteurs une foule de réactions, d'idées, de commentaires. Les exprimer par téléphone au personnel de la revue en limite forcément la portée. Vous pourriez les partager avec l'ensemble des abonné(e)s en nous écrivant. Cette page vous est ouverte. *Dimension Science* donnera la préférence aux textes de moins de 200 mots et se réserve le droit de les abrégés au besoin.

Écrivez-nous à *Dimension Science*, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa, Canada, K1A 0R6.

Suite à la page 32

Capsules

Science North

SCIENCE NORTH, le plus récent centre scientifique canadien, situé au bord d'un lac, à Sudbury dans le nord de l'Ontario, a ouvert ses portes au public le 19 juin 1984. Le centre a un cachet nettement nordique et met en relief les caractéristiques géologiques uniques de la région, deux aspects qui se reflètent dans son architecture. Son principal bâtiment d'exposition (d'environ 8 500 m² de surface utilisable), dont la structure hexagonale rappelle la forme d'un flocon de neige, surplombe une caverne rocheuse de presque 35 m de diamètre et 10 m de profondeur. Les dessinateurs voient dans le flocon de neige un symbole de la glaciation et du climat qui ont modelé le terrain nordique, et considèrent la caverne comme caractéristique de la "structure de Sudbury", cet énorme bassin riche en minéraux créé, pense-t-on, il y a plus de deux milliards d'années par l'impact d'un météorite. (Sudbury est la plus importante communauté minière du Canada et le foyer du plus grand complexe d'extraction et d'affinage des métaux au monde.)

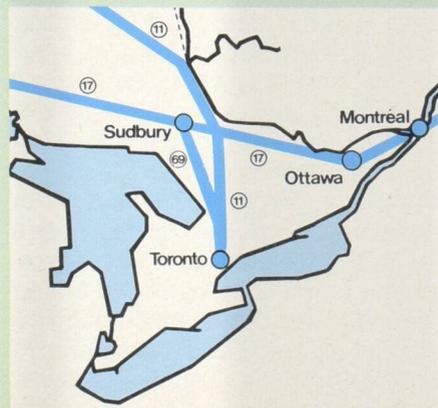
La vocation nordique du centre se reflète également dans la conception de son programme d'exposition, qui, en plus des thèmes scientifiques courants comme les ordinateurs et les communications, les sciences de la matière, des atomes aux galaxies, et les méthodes de mesure des performances physiologiques humaines, comporte des thèmes plus "nordiques" comme l'atmosphère et les conditions météorologiques du Nord, l'écosystème du nord de l'Ontario et la survie dans l'Arctique canadien, ainsi que la géologie du bouclier canadien et du bassin de Sudbury.

Tout comme d'autres centres du même genre, SCIENCE NORTH est conçu pour favoriser la participation du visiteur par des démonstrations où il doit pousser un bouton, tourner une manivelle, etc. Le centre dispose aussi d'un personnel scientifique pour répondre aux questions et, d'une manière générale, interagir avec le public. Dans cette atmosphère de



SCIENCE NORTH, sur la rive du lac Ramsey à Sudbury (Ontario)

participation, le visiteur peut examiner, aux côtés d'un biologiste, de petits animaux adaptés au Nord, apprendre à sculpter la stéatite avec un artiste du Nord, identifier des minéraux ou des fossiles avec l'aide d'un géologue et s'initier, sous la direction d'un astronome expérimenté, à l'art de polir des lentilles.



Projeté vers la fin de 1979 et en chantier depuis près de trois ans, le centre SCIENCE NORTH a été financé à l'aide de fonds provenant de diverses sources, publiques et privées. Parmi les institutions, agences et firmes qui ont contribué au budget d'une valeur de 25 millions de dollars de SCIENCE NORTH, mentionnons principalement Inco Ltd., Falconbridge Ltd. (deux industries locales), les gouvernements ontarien et fédéral, la Ville de Sudbury et la Municipalité régionale environnante ainsi que plusieurs autres donateurs privés.

Pour les vacanciers visitant le centre du Canada, plus spécialement les voyageurs qui traversent le pays, SCIENCE NORTH est très facilement accessible, situé au carrefour des tronçons est, sud et ouest de la Transcanadienne (voir la carte).

Le repérage des disparus

Voici un problème qui, hélas, confronte la plupart des grands hôpitaux: des malades, désorientés et égarés, errent et se perdent à l'intérieur ou à l'extérieur de ces énormes édifices... et il peut se passer des jours avant qu'on les retrouve. C'est ainsi, par exemple, qu'on a retrouvé (mort) un homme dans une petite pièce de sous-sol, 48 heures après qu'il fut porté disparu.

Grâce à un dispositif de repérage mis au point par Barry Bremner, de BMA Ltd., près d'Ottawa, on peut désormais prévenir de telles tragédies. D'abord conçu pour repérer les animaux dans la nature, le dispositif a été modifié pour être porté (comme une plaque d'identité) par les malades ou les pensionnaires des hôpitaux et foyers pour personnes âgées. Il permet de retrouver une personne rapidement et facilement lorsque le facteur temps est crucial, surtout si le malade a besoin d'un médicament. Les résultats d'une étude effectuée par le Bureau du Projet de la sécurité publique du CNRC à l'hôpital Sunnybrook de Toronto montrent qu'on peut retrouver quelqu'un équipé d'un émetteur en 20 minutes à peine, dans un rayon de deux ou trois pâtés de maisons.

Selon John Arnold, du CNRC, on pourrait l'utiliser dans toute situation où des personnes, comme par exem-



ple des enfants handicapés mentaux à qui l'on ferait visiter un zoo, risquent de se perdre. Un autre avantage de ce dispositif serait la réduction des coûts d'hospitalisation. En voici un exemple: au Canada, il y a plus de 350 000 cas connus de maladie d'Alzheimer, condition caractérisée par une détérioration mentale et que l'on avait d'abord prise à tort pour de la sénilité. Le dispositif de BMA permettrait à ces malades de demeurer dans leur famille, puisqu'il serait relativement facile de les retrouver s'ils venaient à s'égarer loin de chez eux.

Le système est constitué d'un émetteur minuscule (de la grosseur d'une pièce de 25 cents), que le malade porte à la ceinture ou au cou, et d'un récepteur radiogoniométrique. Muni de ce récepteur, le per-

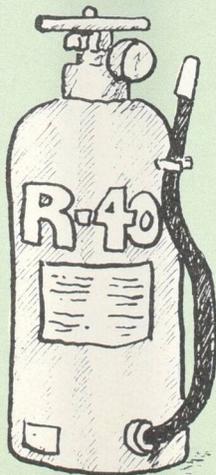


sonnel de sécurité peut repérer une personne disparue d'après la direction des ondes radio et l'intensité du signal sonore produit. Et il suffit d'une seule personne pour faire fonctionner cet appareil: voilà une énorme amélioration quand on sait qu'il faut habituellement mobiliser de 20 à 30 agents de police pour ce genre de recherches. Ce système sera bientôt fabriqué par Orion Electronics Ltd., à Saunierville, en Nouvelle-Écosse.

Également d'intérêt pour les chercheurs du CNRC dans ce domaine, une microplaquette d'ordinateur que le malade porterait au poignet. Ce dispositif perfectionné permet non seulement d'identifier l'intéressé, mais précise aussi son point de départ et à quelle heure il a quitté l'édifice.

Avoir chaud sans brûler

Les mesures de conservation de l'énergie dans les maisons d'habitation et les immeubles commerciaux



font-elles courir un risque plus grand à leurs occupants en cas d'incendie? La Division des recherches en bâtiment du CNRC a passé en revue les techniques d'isolation thermique et étudié le rôle des matériaux isolants dans le développement d'un incendie.

Ils ont d'abord considéré l'enveloppe isolante dans son ensemble. Ce revêtement bouche tous les interstices et fissures par où l'air pourrait s'infiltrer. Quand un incendie se déclare, la fumée risque moins, en l'absence de courants d'air, de se disperser dans les locaux adjacents et d'envahir les couloirs et les cages d'escaliers. Pour les occupants, l'avantage est appréciable, la fumée étant pour eux plus dangereuse que le feu lui-même. Selon les experts, le nombre de victimes asphyxiées par la fumée est plus grand que celui des

brûlés sans compter que la fumée, en les aveuglant, les a souvent empêchées de trouver une issue de secours.

Ils ont constaté que la position de l'enveloppe isolante, selon qu'elle est placée à l'intérieur ou à l'extérieur des murs d'un bâtiment, porte à conséquence en cas d'incendie. Selon les études réalisées au CNRC, la pratique la plus dangereuse consiste à recouvrir d'un matériau isolant même à l'épreuve du feu les murs intérieurs d'un bâtiment. Quand l'isolant est ainsi placé en surface, le foyer d'incendie évolue plus rapidement vers l'embrasement général du local.

Pour assurer l'isolation thermique d'une construction déjà existante, les experts conseillent de l'installer par-dessus son enveloppe extérieure et d'utiliser un matériau isolant peu combustible. Autrement les flammes,

en s'échappant par les fenêtres, communiqueraient.

Depuis quelques années, on se sert de plus en plus de panneaux rigides de mousse de polyuréthane ou de polystyrène comme isolant intérieur. Ce sont des matières synthétiques aux caractéristiques très différentes. Le polyuréthane se carbonise sans s'enflammer, le polystyrène fond sous l'action de la chaleur. Ils ne seront pas la proie des flammes à condition que l'espace de ventilation entre les panneaux et le mur ne dépasse pas 25 mm. Quand cet espace vide est plus large, la masse d'air contribue à l'oxydation de

la partie carbonisée du polyuréthane qui finit par prendre feu. Quant au polystyrène déjà fondu, il risque aussi de s'embraser.

Les experts du CNRC conseillent de recouvrir la couche isolante de panneaux de plâtre (gypsum board). Leurs travaux ont démontré qu'aucun matériau ne présente un degré plus élevé de résistance au feu. Une couche de 13 mm de plâtre ordinaire retarde de 30 minutes la pénétration des flammes et une couche de 16 mm, de 45 minutes. Ni le polystyrène, ni le polyuréthane ne s'embraseront tant que la surface plâtrée tiendra le coup.

Dans l'ensemble, les matériaux isolants placés sous les toitures contribuent peu à l'intensité ou à la propagation d'un incendie. S'ils s'enflamment ou se consomment lentement, ils risquent toutefois d'affaiblir les poutres maîtresses et de précipiter l'écroulement de la structure.

Les experts de la prévention des incendies sont en faveur de tous les enduits de sécurité, pare-flammes et coupe-feu. Ils contribuent à limiter et à contenir les foyers d'incendie. Leurs travaux ont montré que, soigneusement planifiée et exécutée, l'isolation thermique des bâtiments ne les rend pas nécessairement plus vulnérables aux incendies.

À l'école des sciences

La situation de l'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes n'est pas catastrophique mais il reste encore beaucoup à faire pour amener les étudiants à percevoir l'utilité des sciences dans leur vie de tous les jours. C'est ce qu'affirme Graham Orpwood, l'un des coordinateurs d'un rapport sur ce sujet intitulé *À l'école des sciences* que publiait en mai dernier le Conseil des sciences du Canada.

L'étude qui a mené à la publication du rapport s'est échelonnée sur quatre années. On y formule pas moins de 47 recommandations visant à accroître la qualité de l'enseignement

des sciences dans les écoles canadiennes. Selon Orpwood, DIMENSION SCIENCE pourrait contribuer à l'application d'au moins deux de ces recommandations: accroître le contenu canadien des cours de sciences et les orienter davantage vers le monde moderne.

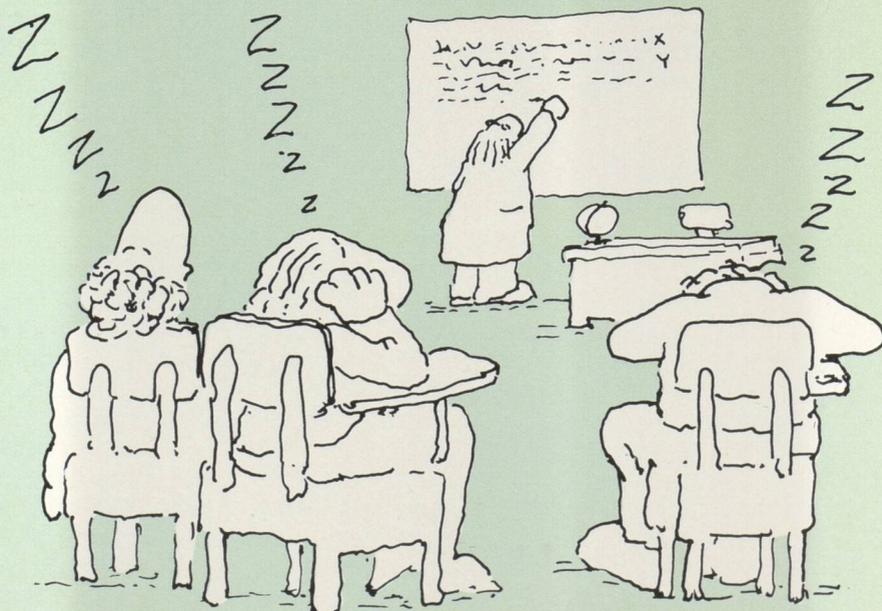
"*Dimension Science* rend compte des travaux des scientifiques canadiens et permet à l'étudiant de faire le lien entre les notions apprises à l'école et le monde réel", explique-t-il.

Le rapport indique qu'un grand nombre d'écoliers du niveau primaire ne reçoivent absolument aucune formation en sciences et recommande qu'au moins 45 minutes par jour soient réservées à l'enseigne-

ment des sciences. Nombreux sont les professeurs des écoles primaires qui n'ont suivi aucun cours de sciences depuis l'école secondaire et le rapport propose des moyens pour améliorer leurs compétences dans ce domaine.

Il recommande également de susciter davantage d'intérêt pour les sciences chez les filles et de créer des écoles secondaires spéciales mettant l'accent sur les sciences et la technologie pour les étudiants doués en sciences.

Cette étude a été entreprise à la suite de plaintes de personnes comme le Dr David Suzuki (voir DIMENSION SCIENCE, n° 2, 1984) qui affirment que les étudiants qui sortent



aujourd'hui des écoles secondaires sont mal équipés pour aborder des sujets scientifiques, poursuit Orpwood.

"Nous avons fait enquête auprès de 4 000 professeurs dans 1 227 écoles et examiné de nombreux manuels de sciences en usage pour vérifier si ces plaintes étaient fondées. Elles le sont effectivement."

La population a également été consultée: des conférences ont été orga-

nisées dans tout le Canada et des parents, des professeurs, des ingénieurs et d'autres intéressés ont été invités à discuter de ce problème.

Cette étude et ces conférences ont abouti aux recommandations d'*À l'école des sciences*. Chaque conseil scolaire est libre d'appliquer ou non ces recommandations; certains y ont déjà donné suite dans diverses régions du Canada.

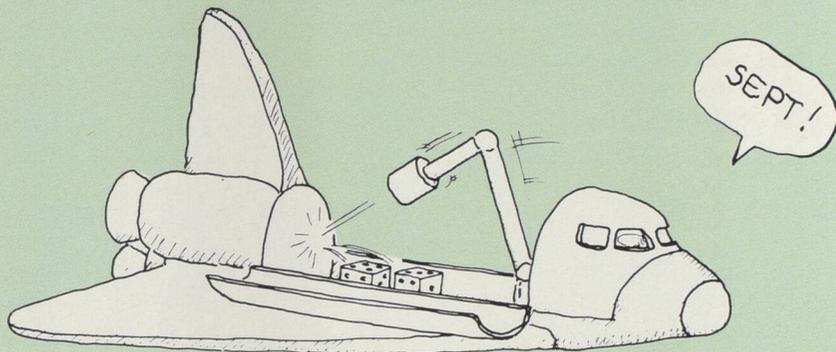
Il en coûterait 155 millions de dollars pour mettre en oeuvre l'ensemble des recommandations à l'échelle du pays d'ici cinq ans, soit 31 millions de dollars par année ou \$6,28 par étudiant par année. On conviendra que c'est peu en regard des 20 milliards de dollars consacrés à l'enseignement aux niveaux primaire et secondaire en 1983-1984.

Anne McIlroy est une rédactrice indépendante d'Ottawa.

Banco à la septième pour Canadarm

La septième incursion spatiale du Canadarm a permis de rendre vie à un satellite souffrant appelé Solar Max. Le Solar Maximum Mission avait été lancé en 1980 pour étudier la période d'activité solaire maximale qui s'annonçait. Hélas, six mois à peine après son lancement les fusibles de son système de contrôle d'attitude sautaient, rendant impossible le pointage précis de quatre des instruments de l'observatoire. Ce n'est que lorsque l'engin visait directement le Soleil, soit environ toutes les six minutes, qu'il était possible de recueillir des données. Mais, fort heureusement, Solar Max était le premier d'une nouvelle génération de satellites. Un grand nombre de ses éléments constitutifs étant modulaires, ils peuvent être remplacés sur orbite ou, en cas d'impossibilité, sur Terre en y ramenant la sonde.

En prévision de ces réparations, la NASA prit la décision de modifier le fauteuil volant des astronautes en l'équipant d'une pièce d'amarrage femelle. Le programme prévoyait qu'un astronaute arrêterait manuellement la rotation du satellite avant de



le placer dans la soute de la navette pour y être réparé. Malheureusement, lors de l'accostage du satellite par Challenger, au début d'avril dernier, la pièce femelle du fauteuil volant n'a pas pu se verrouiller sur la pièce mâle du Solar Max et arrêter sa rotation. C'était, pour le Canadarm, l'occasion rêvée de bander ses muscles et de démontrer la finesse de son doigté. Après quelques manoeuvres correctrices de la navette, il saisissait enfin le satellite et le plaçait dans la soute.

L'opération accomplie, l'équipe de réparation, munie des outils et des pièces de rechange nécessaires, se servait du bras comme d'une plateforme élévatrice pour remettre Solar Max en ordre de marche. Il ne restait plus qu'à replacer l'observatoire sur

orbite, ce qui fut fait et juste à temps. En effet, deux semaines plus tard, le satellite allait enregistrer une des plus fortes éruptions solaires jamais observées, transmettant à terre d'énormes quantités de données nouvelles sur le phénomène.

Le succès de l'intervention et de la réparation a suscité un grand nombre de demandes de renseignements en vue de futures missions de réparation de la part de propriétaires de satellites en panne comme le satellite de télécommunications indonésien Palapa et le Landsat 4 de la National Oceanic and Atmospheric Administration. Le Canadarm est appelé à jouer un rôle très important dans un grand nombre de ces missions, ce en quoi son utilité débordera largement le cadre de sa vocation initiale.

Une protéine associée au cancer

Des chercheurs du CNRC ont découvert une protéine qui pourrait s'avérer très utile dans le diagnostic du cancer. Cette protéine, appelée oncomoduline ("régulateur d'origine tumorale"), a été identifiée dans 85% des tumeurs humaines et de rongeurs examinées par le Dr John MacManus et son équipe de physiologistes spécialisés dans l'étude des cellules.

Ces chercheurs ont en effet décelé la présence d'oncomoduline dans

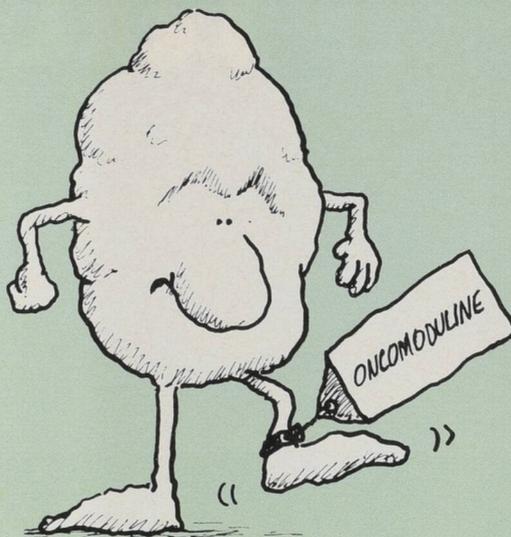
des tumeurs de la vessie, du col de l'utérus, des reins, du foie, et même des tissus musculaires et de la peau. Mais, on n'a toutefois pas encore mis cette substance en évidence dans des tissus adultes normaux.

Cette découverte laisse entrevoir deux applications concrètes intéressantes. En premier lieu, elle pourrait aider à établir le lien existant entre certaines substances présentes dans l'environnement et l'incidence du cancer. Actuellement, cette corrélation ne peut être établie qu'au prix de longues expériences utilisant des

animaux de laboratoire. Mais l'identification de l'oncomoduline, indice de la présence d'un cancer, pourrait constituer un test bien plus simple. Il suffirait, par exemple, d'ajouter l'agent que l'on soupçonne d'être cancérigène à une culture de cellules (un groupe de cellules saines cultivées en laboratoire). Si on constate, après un certain temps, que les cellules ont produit de l'oncomoduline, on a alors de fortes raisons de croire qu'un lien existe entre la présence de l'agent cancérigène testé et l'apparition du cancer.

En second lieu, l'oncomoduline pourrait également devenir un outil de diagnostic. Lorsque des animaux de laboratoire sont exposés à des agents cancérigènes, les premiers symptômes du cancer ne sont pas immédiatement apparents. Mais, étant un signal d'alarme précoce, la présence d'oncomoduline pourrait hâter l'identification des animaux atteints de cancer. Ceci pourrait éviter des mois d'attente et entraînerait une économie de plusieurs millions de dollars, étant donné le nombre de tests qui pourraient ainsi être supprimés. Par ailleurs, cette méthode pourrait servir aussi au diagnostic du cancer chez les humains.

L'oncomoduline appartient à la même famille que la calmoduline, protéine intervenant dans les liaisons avec le calcium et que l'on trouve



dans toutes les cellules plus complexes que les bactéries. La calmoduline ("régulateur de calcium") est l'une des substances responsables de la

régulation des mécanismes cellulaires. Elle active des processus biologiques comme la synthèse et la duplication de l'ADN.

C'est en essayant d'identifier la présence de calmoduline aux sites récepteurs à l'intérieur de cellules cancéreuses que le Dr MacManus a découvert l'oncomoduline, il y a deux ans (voir *Science Dimension* 1983/3). La découverte de cette substance et de sa présence dans 85% des tumeurs étudiées a attiré l'attention de l'United States Cancer Institute, qui a décidé d'aider le Dr MacManus et ses collègues. Ces derniers poursuivent leurs efforts en vue d'arracher à l'oncomoduline les secrets qu'elle garde encore jalousement.

Anne McIlroy est une rédactrice indépendante à Ottawa.

L'énigme des galaxies infrarouges

Un Canadien et un Américain ont fait en décembre dernier une découverte étonnante qui a forcé les astronomes à réviser leurs théories sur les galaxies. Edward Olszewski, astronome de l'Observatoire fédéral d'astrophysique du CNRC, à Victoria, et Marc Aaronson, son collègue de l'Université de l'Arizona, ont découvert des galaxies éloignées dont le rayonnement infrarouge est de 50 à 300 fois plus élevé que l'énergie rayonnée dans le domaine visible du spectre. Les galaxies les plus "chaudes" détectées à ce jour rayonnent en moyenne dix fois plus d'énergie dans l'infrarouge que dans le domaine visible. La plupart des galaxies ont un rayonnement infrarouge égal à leur émission lumineuse.

Alors qu'ils se trouvaient au Chili, les deux astronomes se sont mis à la recherche des contreparties optiques des radiosources intenses détectées par l'*Infrared Astronomical Satellite* lors d'observations célestes qui se sont échelonnées sur une période de dix mois en 1983. À l'aide de caméras informatisées ayant une sensibilité 100 fois supérieure à celle de plaques photographiques, ils ont repéré des galaxies très peu brillantes dans les régions du ciel où le satellite avait identifié un rayonnement infrarouge

très puissant. Ces sources étaient optiquement trop faibles pour apparaître sur les cartes du ciel utilisées par les astronomes. Habituellement, les galaxies qui émettent un rayonnement aussi intense dans l'infrarouge sont également très brillantes.



Des astronomes postulent que ces radiosources sont entourées d'une enveloppe dense de poussières stellaires qui absorbe le rayonnement visible et le réémet dans l'infrarouge. Mais, si tel est le cas, quelle est donc la source d'énergie responsable d'une aussi puissante émission

lumineuse? On pourrait l'expliquer par une flambée brusque de formation d'étoiles, phénomène courant au sein de galaxies en collision. Cela permettrait également d'expliquer l'origine de l'enveloppe dense de poussières qui entoure ces galaxies et transforme leur énergie lumineuse en rayonnement infrarouge. Une autre explication voudrait que des quasars — ces sources extrêmement lumineuses associées à l'énergie rayonnée par les trous noirs — soient la source d'énergie lumineuse des galaxies infrarouges.

Pour vérifier le bien-fondé de ces théories, des astronomes s'apprêtent à pointer des radiotélescopes vers ces régions du ciel pour détecter les ondes radio qui en émanent. En effet, une galaxie ayant pour source lumineuse un quasar émettra davantage d'ondes radio qu'une galaxie au sein de laquelle se forment des étoiles. Lorsqu'ils auront analysé l'information obtenue, les astronomes pourront peut-être élucider le mystère de ces nouvelles galaxies infrarouges.

Suite à la page 32

radioastronomie

Au-delà du visible

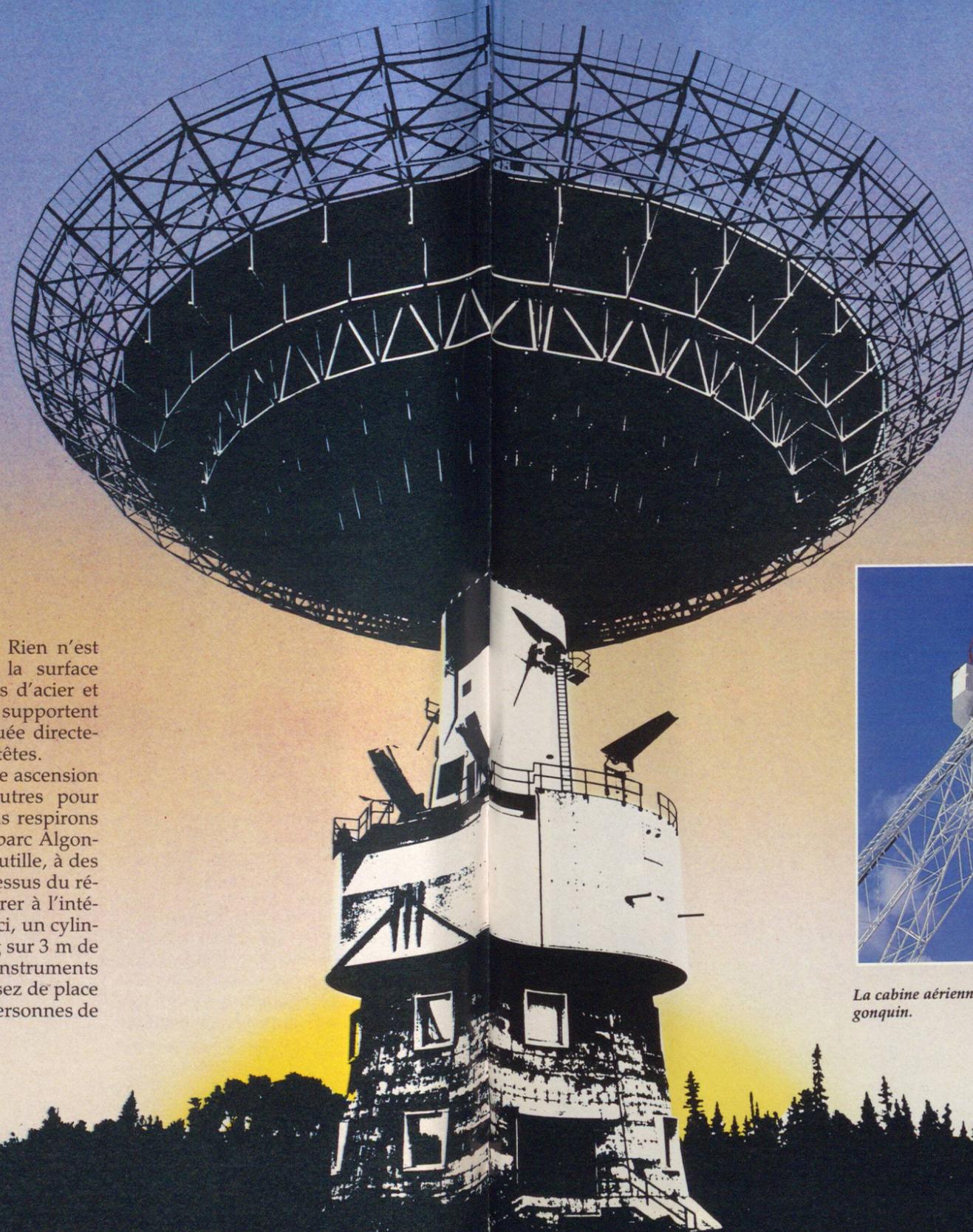
par Bill Atkinson

Lac Traverse, Ontario. Dominant la brume matinale, le radiotélescope de 46 m de l'Observatoire radioastronomique d'Algonquin (ORA) ressemble aux énormes moulins à vent qui s'élevaient autrefois dans la campagne hollandaise. Il présente la même base cylindrique, percée de fenêtres, mais il n'arbore point, à son sommet, les ailes recouvertes de toile qui caractérisaient les moulins du XVII^e siècle. Il leur a substitué plutôt un immense réflecteur parabolique fait d'acier et servant à capter les photons célestes. La base, dans laquelle on pénètre par un escalier ordinaire, cache la structure métallique qui supporte le réflecteur. L'intérieur, à l'exception des couloirs courbes, fait penser à un sous-marin: les portes ont des coins arrondis, des échelles aux barreaux d'acier remplacent les escaliers. À certains endroits, les échelons menant aux écoutilles courent sur plus d'un mur, comme si la direction "haut" pouvait changer. Et c'est ce qui arrive effectivement.

Une dernière écoutille s'ouvre sur une vue étonnante, presque surréaliste. La brume s'est dissipée; le soleil baigne une blanche vallée qui remonte en pente douce vers le lointain. Ce n'est toutefois que la surface incurvée du réflecteur, pointé directement vers le zénith, tel un bol

reposant sur une table. Rien n'est visible hormis le ciel, la surface éblouissante des plaques d'acier et les quatre poutres qui supportent une cabine aérienne située directement au-dessus de nos têtes.

Commence une longue ascension à même l'une des poutres pour atteindre la cabine. Nous respirons l'air vivifiant et pur du parc Algonquin. Puis une autre écoutille, à des dizaines de mètres au-dessus du réflecteur, nous fait pénétrer à l'intérieur de la cabine. Celle-ci, un cylindre creux de 5 m de long sur 3 m de diamètre, est bourrée d'instruments qui laissent tout juste assez de place pour permettre à deux personnes de



La cabine aérienne du réflecteur de 46 m d'Algonquin.

Paul Marshall

s'y tenir debout, ou couchées lorsque le télescope est incliné vers l'horizon. Un faisceau de photons converge peut-être vers nous en ce moment même, mais nous n'en percevons rien avec nos sens humains. Les signaux que reçoit le radiotélescope sont invisibles.

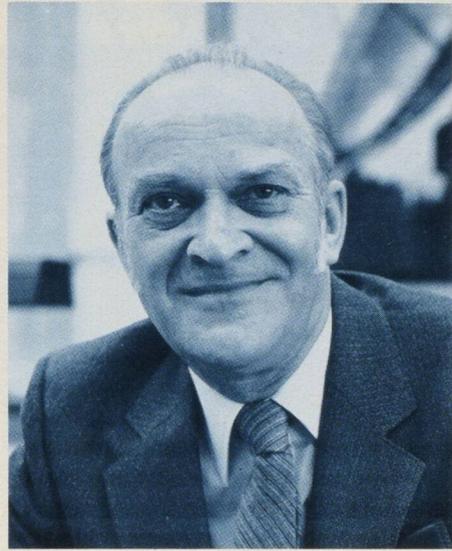
Les astronomes travaillent avec les photons. Ces infimes particules d'énergie dénuées de masse se déplacent à une vitesse fulgurante: rien, dans l'univers, n'est plus rapide qu'un photon. Au tout début, l'observation astronomique se limitait aux ondes auxquelles l'oeil humain est sensible. Puis, en 1932, l'ingénieur américain Karl Jansky découvrit, tout à fait par hasard, que l'espace émettait un rayonnement électromagnétique à des fréquences plus faibles et à des longueurs d'onde plus grandes que celles de la lumière visible. Les objets célestes, ainsi que l'observa Jansky, ne se contentent pas de baigner la Terre de couleurs, ils lui envoient également des signaux par l'intermédiaire des ondes radio.

Nous associons communément ondes radio et ondes sonores: partout sur la Terre, les bulletins de nouvelles et les programmes musicaux sont acheminés par des photons de radiofréquence (RF) et transformés en ondes sonores par des récepteurs radio. De la même

façon, nous pouvons transmettre le signal amplifié d'un radiotélescope à un haut-parleur et écouter le "bruit blanc" de l'univers. Les radiotélescopes ont été qualifiés d'"oreilles bioniques", mais ne vous y trompez pas: ce sont des capteurs de photons, au même titre que les télescopes optiques. Toutefois, les photons qu'ils captent et concentrent ont une énergie beaucoup plus faible et c'est la raison pour laquelle les radiotélescopes ont un aspect et un fonctionnement différents.

Le radiotélescope de 46 m d'Algonquin capte les photons célestes 24 heures sur 24 et presque chaque jour de l'année. Toutefois, la semaine où nous avons effectué notre visite, les astronomes du CNRC avaient interrompu le cours normal de leurs travaux pour cartographier la surface réfléchissante de l'instrument grâce à une nouvelle technique, l'holographie par satellite, qui permet d'obtenir une carte hypsométrique indiquant, au millimètre près, les points où la surface du réflecteur s'éloigne d'un paraboloïde parfait.

Pourquoi s'astreindre pendant des semaines à une tâche aussi difficile? Plus la surface du réflecteur se



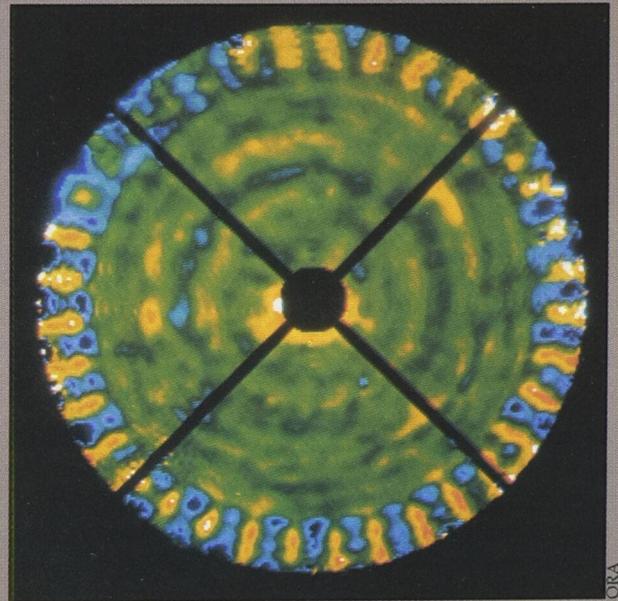
Dan Getz

Norman Broten

rapprochera d'un paraboloïde parfait, meilleure sera sa capacité de capter des photons de faible intensité et de fonctionner à des longueurs d'onde plus courtes. L'importance des imperfections à la surface du réflecteur dépend des longueurs d'onde captées: une imperfection négligeable à la surface d'un radiotélescope (grandes longueurs d'onde) serait inacceptable pour un miroir optique (courtes longueurs d'onde). Bien que le



ORA



ORA

Avant et après: Ces cartes du réflecteur de 46 m de l'ORA obtenues grâce à l'holographie par satellite indiquent les points où la surface du réflecteur s'éloigne d'un paraboloïde parfait. A la suite de travaux de surfacage effectués d'après la cartographie initiale, le disque (à droite) est moins coloré mais plus proche de la configuration idéale.

Anatomie d'une équation

Les scientifiques expriment leurs hypothèses et leurs découvertes au moyen d'élégantes formules mathématiques; pour eux, une équation vaut mille mots. Toute équation met en rapport deux quantités ou plus, chacune étant représentée par un symbole. Voici un exemple d'équation utilisée en astronomie moderne:

$$R \equiv \frac{1}{\theta}$$

Ici, R représente la résolution du télescope — qu'il s'agisse d'un radiotélescope ou d'un télescope optique — c'est-à-dire la finesse des détails qu'il permet d'observer. Le symbole θ , qui correspond à la lettre grecque "theta", représente l'angle obtenu lorsqu'on relie le sommet et la base de l'objet vers lequel est pointé le télescope avec le télescope lui-même. Plus un objet est petit, plus l'angle ainsi "sous-tendu" est petit et plus grande est la résolution. Les valeurs R et θ sont inversement proportionnelles: lorsque l'une diminue, l'autre croît. (Les trois lignes du signe d'égalité indiquent qu'il s'agit d'une définition.) Voici un autre exemple:

$$R = \frac{D}{\lambda}$$

Dans cet exemple, R représente la résolution du télescope, D le diamètre du réflecteur de photons et λ , qui correspond à la lettre grecque "lambda", la longueur d'onde des photons réfléchis. Ici, R et λ sont inversement proportionnels tandis que R et D sont directement proportionnels: la résolution du télescope croît avec le diamètre du réflecteur mais décroît à mesure que la longueur d'onde augmente.

Simple, n'est-ce pas? Maintenant observez bien ce qui se passe lorsque nous remplaçons ces symboles par des valeurs numériques. Supposons que nous effectuons des observations à une longueur d'onde d'un demi-millionième de mètre, soit celle de la lumière verte au centre du spectre visible, à l'aide d'un télescope optique comme, par exemple, le miroir primaire du Télescope Canada-France-Hawaii, qui a un diamètre de 3,6 m. Nous obtenons alors l'équation suivante:

$$R_g = \frac{3,6 \text{ m}}{5,0 \times 10^{-7} \text{ m}} = 7,2 \times 10^6$$

— soit une résolution de 7,2 sur une échelle définie arbitraire-

ment. Qu'arrive-t-il lorsque nous utilisons le même télescope pour effectuer des observations dans l'infrarouge, dont la longueur d'onde est le double de celle de la lumière verte visible? Voyons:

$$R_i = \frac{3,6 \text{ m}}{2,5 \times 10^{-7} \text{ m}} = 3,6 \times 10^6 \text{ (3,6 sur notre échelle)}$$

Nous servons toujours du même réflecteur, nous avons diminué sa résolution de moitié en doublant la longueur d'onde des photons réfléchis. Aux longueurs d'onde millimétriques, là où les infrarouges font place aux micro-ondes, nous obtenons, toujours avec le même réflecteur:

$$R_m = \frac{3,6 \text{ m}}{1 \times 10^{-3} \text{ m}} = 3,6 \times 10^3 = 0,0036 \times 10^6 \text{ (0,0036 sur notre échelle)}$$

Notre résolution initiale a été réduite par un facteur de deux mille! Comment expliquer cela? À mesure que la longueur d'onde croît et que la valeur inférieure droite de notre équation s'accroît, nous devons augmenter la valeur supérieure droite pour rétablir l'équilibre. En demeurant toujours aux longueurs d'onde millimétriques, qu'arriverait-il si nous avions accès à un réflecteur de 36 m de diamètre? Reprenons notre équation et observons:

$$R_m' = \frac{3,6 \times 10 \text{ m}}{1 \times 10^{-3} \text{ m}} = 3,6 \times 10^4 = 0,036 \times 10^6 \text{ (0,036 sur notre échelle)}$$

En multipliant le diamètre de notre réflecteur par dix, nous avons également multiplié sa résolution par dix. Quelle serait sa résolution, toujours aux longueurs d'onde millimétriques, si son diamètre était de 3 600 kilomètres ($3,6 \times 10^6$ m)? Constatez par vous-même le résultat:

$$R_m'' = \frac{3,6 \times 10^6 \text{ m}}{1 \times 10^{-3} \text{ m}} = 3,6 \times 10^9 = 3600 \times 10^6 \text{ (3600 sur notre échelle)}$$

Nous avons réussi à obtenir une résolution angulaire, aux longueurs d'onde millimétriques, cinq cent fois supérieure à celle du TCFH en lumière verte. De la même façon, l'interférométrie à très grande base (VLBI) permet d'atteindre une résolution comparable à celle que l'on obtiendrait avec un radiotélescope unique d'un diamètre aussi grand que la base formée par un réseau de radiotélescopes. Vous comprenez maintenant pourquoi un réseau interférométrique à très grande base constitue l'outil idéal pour observer la fine structure des radiosources célestes.



Dan Getz

Dr Paul Feldman

radiotélescope de 46 m ait été conçu à l'origine pour la réception de photons à des longueurs d'onde d'environ 3 cm, les astronomes du

CNRC s'en sont servis au cours des 18 dernières années pour capter des photons plus énergiques. Par conséquent, les imperfections et les bosses à sa surface ont pris une importance accrue. La cartographie en cours a pour but de déterminer exactement où se trouvent ces bosses et quelles sont leurs dimensions.

Nous sommes toujours dans la cabine aérienne du radiotélescope lorsque, tout à coup, l'interphone s'anime; la voix d'un opérateur situé dans un édifice adjacent nous parvient.

"Vous êtes encore là-haut? Nous allons maintenant amorcer la descente. Tenez-vous bien."

À l'intérieur de notre cabine, nous voyons un des murs se transformer en plancher à mesure que l'énorme réflecteur s'incline doucement vers l'horizon. L'instrument ralentit sa

course, puis s'arrête. À ce moment, l'opérateur qui a pris place dans la benne dressée d'une grue, vient cueillir un reporter nerveux pour lui faire franchir les derniers 25 m qui le séparent du sol.

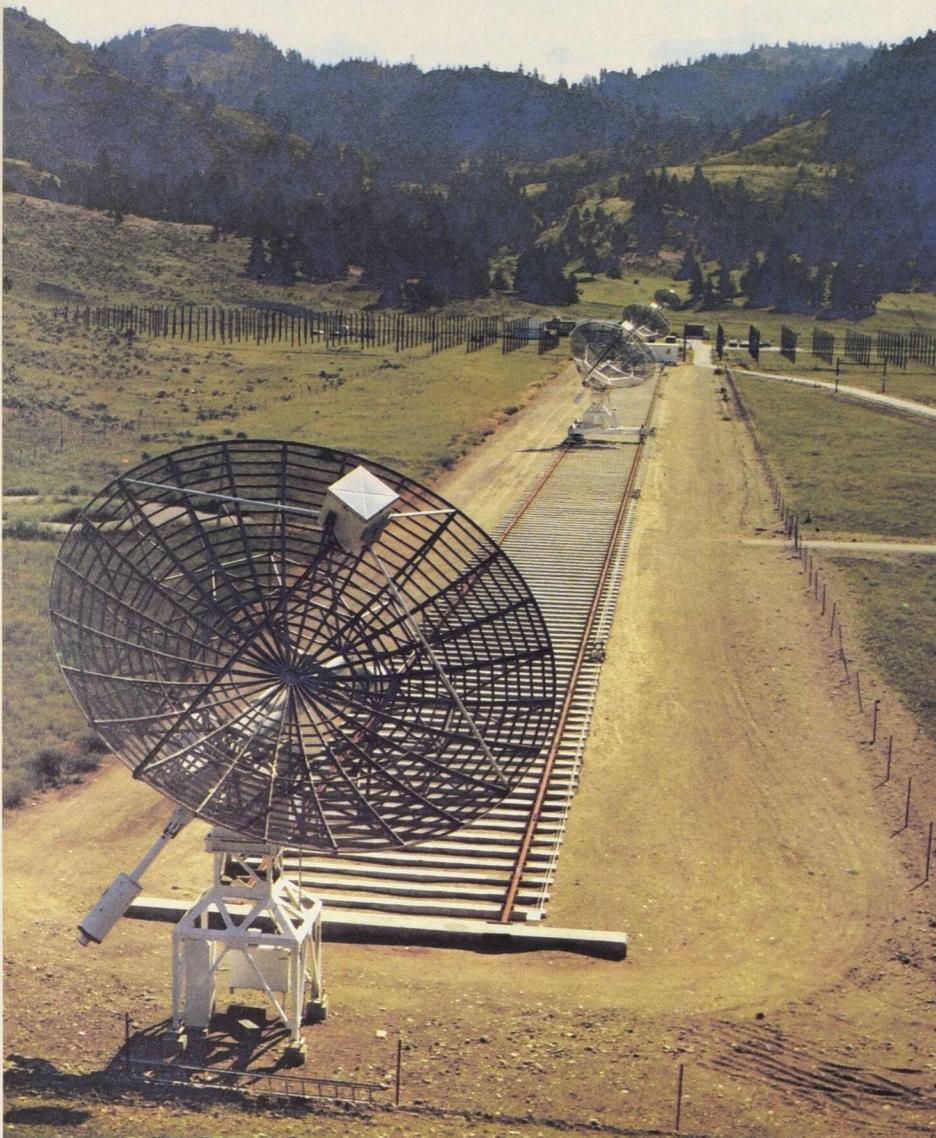
Dans la salle de commande, nous rencontrons Norman Broten, chef de la section d'astronomie de l'Institut Herzberg d'astrophysique du CNRC. Celui-ci a veillé toute la nuit pour superviser l'expérience d'holographie dont il nous explique maintenant les résultats.

"Voici le dernier diagramme", annonce-t-il en brandissant une photo représentant un large cercle parsemé de taches de couleurs. "Cette photo de la surface du réflecteur indique des variations de niveau de l'ordre d'un millimètre.



Dan Getz

Le Dr Lloyd Higgs, directeur de l'OFR: À l'écoute des restes d'étoiles.



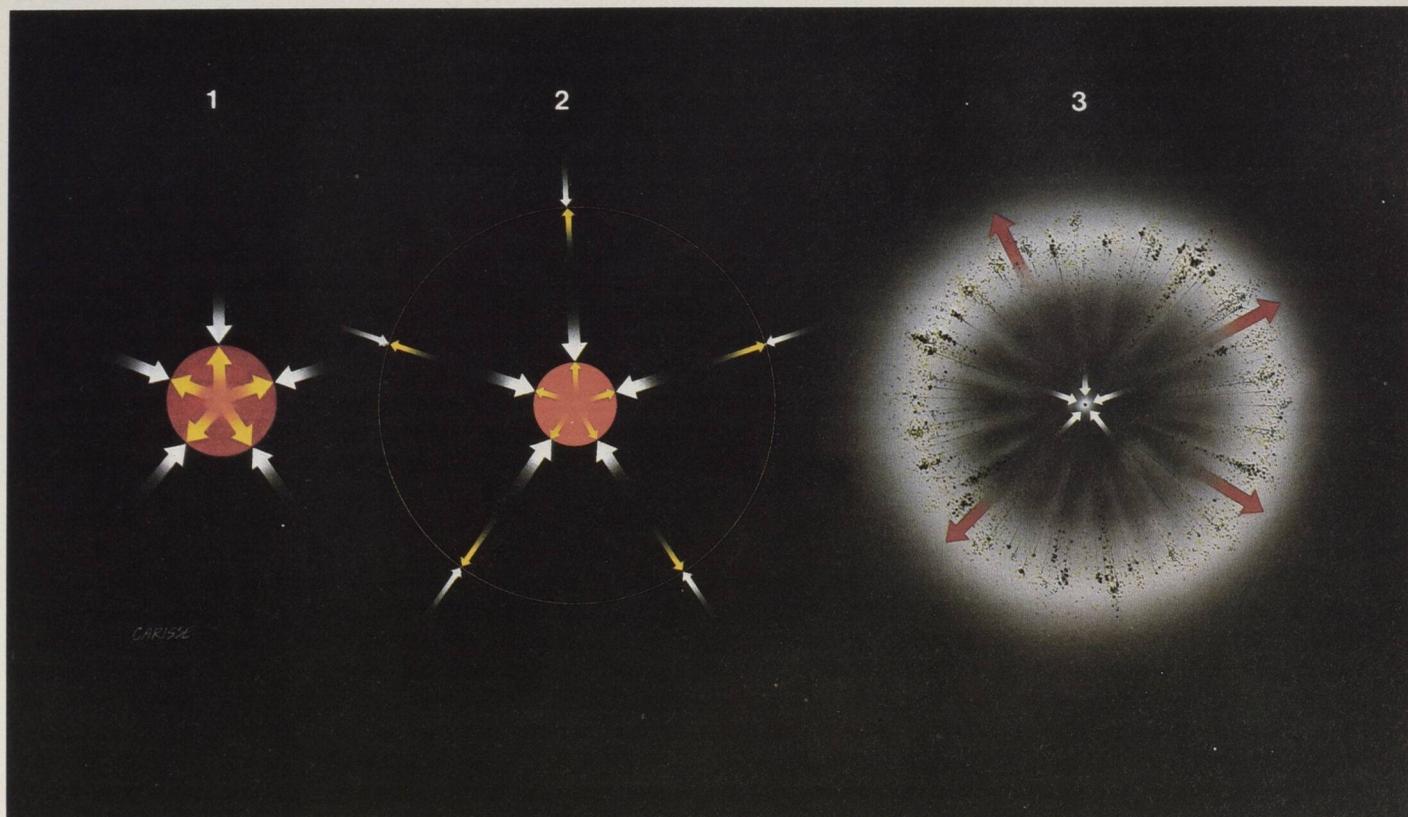
Les quatre antennes paraboliques du radiotélescope de synthèse de l'OFR, à Penticton, C.-B., permettent d'obtenir des images dont la résolution équivaut à celle d'un réflecteur unique de 600 m de diamètre.

Ici, vous pouvez distinguer le couvercle de l'écouille qui vous a permis d'accéder au réflecteur."

Le couvercle se détache très nettement sur la surface du réflecteur, pareil à un furoncle. Une deuxième tache, blanche comme la première pour dénoter son niveau plus élevé, se dessine près du rebord. "C'est la plus grosse imperfection du réflecteur", déclare Broten. "À cet endroit, la surface présente un écart d'au moins 4 mm par rapport aux normes de l'antenne." Une différence de 4 mm sur une superficie d'environ 1 600 m² peut nous sembler insignifiante mais, pour un radioastronome qui tente de sonder les confins de l'univers, elle est immense. Cette irrégularité, explique Broten, a dû échapper à l'inspection quand on a cartographié la surface du réflecteur, il y a 18 ans. Les méthodes en usage à l'époque ne permettaient de vérifier que quelques points de la surface.

Broten nous confie que l'on procède actuellement à une étude technique en vue de refaire la surface de l'immense réflecteur pour permettre la focalisation des longueurs d'onde millimétriques avec une plus grande précision. "Avec cette nouvelle surface, nous bénéficierons également d'une fenêtre toute neuve sur l'univers", ajoute-t-il. "Les émissions RF aux longueurs d'onde millimétriques n'ont pas été vraiment explorées jusqu'ici, et rien ne nous permet de prédire ce que nous découvrirons là-haut."

Bien que Broten et ses collègues des autres équipes de recherche du



CNRC n'aient pas quitté la Terre, ils ont exploré certains des coins les plus reculés de notre galaxie et y ont découvert des substances que peu de chercheurs s'attendaient à trouver en ces endroits. C'est ainsi qu'ils ont sondé des nuages de gaz et de poussières denses et sombres où naissent de nouvelles étoiles, des nuages diffus et transparents de gaz moléculaire à l'intérieur des bras spiraux de la galaxie ainsi que l'atmosphère étendue des "étoiles carbonées", c'est-à-dire des étoiles qui contiennent plus de carbone que d'oxygène. Ils y ont découvert des molécules complexes à longue chaîne de carbone comme, entre autres, HC_5N , $\text{CH}_3\text{C}_4\text{H}$, $\text{CH}_3\text{C}_3\text{N}$ et HC_{11}N . Avant que ces molécules ne soient découvertes, on tenait pour acquis qu'aucun corps aussi complexe ne pouvait se former, ou se maintenir, dans l'espace: l'intense rayonnement ultraviolet aurait eu tôt fait de dissocier n'importe quelle molécule à longue chaîne de carbone à mesure que celle-ci se formait.

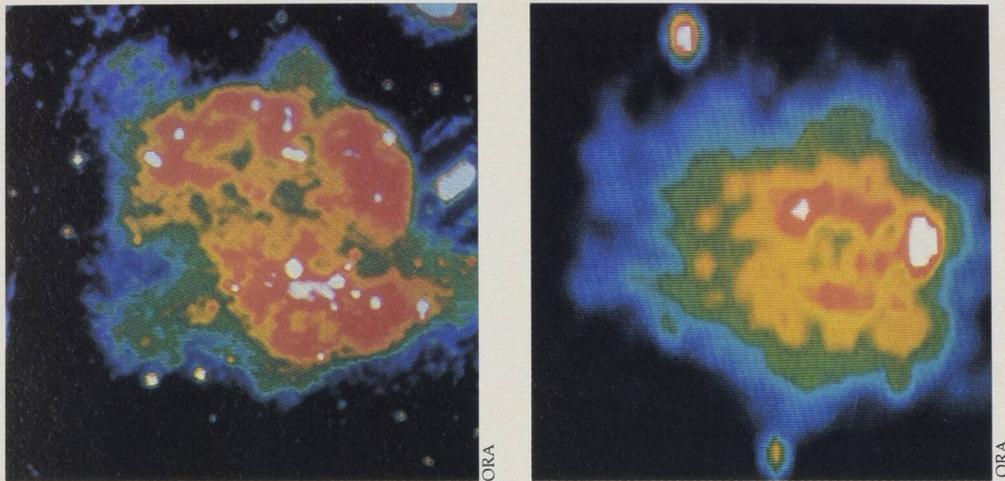
Une équipe d'astronomes du CNRC a toutefois obtenu la signature spectrale de la molécule HC_{11}N , la plus lourde molécule détectée dans l'espace interstellaire à ce jour, à l'intérieur de l'atmosphère d'une étoile carbonée située dans la cons-

Une étoile massive qui n'éjecte pas suffisamment de matière avec son vent stellaire peut exploser et donner naissance à une supernova. En gros, cette explosion survient de la façon suivante: au sein d'une étoile massive et stable (1), la chaleur et le rayonnement (flèches jaunes) équilibrent la force gravitationnelle (flèches blanches) qui provoquerait autrement l'affaissement du noyau de l'étoile sur lui-même; toutefois, chez l'étoile vieillissante (2), cet équilibre — qui peut encore exister dans les couches supérieures de l'étoile (grand cercle) — n'est plus présent dans son noyau, ce dernier ayant consommé presque tout le carburant disponible; l'étoile brûle donc plus faiblement (petites flèches jaunes) et ne parvient plus à contrebalancer la pression gravitationnelle. Celle-ci croît graduellement (3) et le noyau est soumis à une compression incroyable tandis que les couches supérieures de l'étoile sont éjectées dans l'espace à des milliers de kilomètres par seconde.

tellation du Lion, à environ 600 années de lumière. HC_{11}N , ou "cyano-décapenta-yne", possède un poids moléculaire de 147. Comment une aussi grosse molécule peut-elle exister dans l'espace? Selon Broten:

"Ces chaînes de carbone interstellaires doivent se former derrière des nuages de poussière, à l'abri des rayons ultraviolets qui, autrement, les 'photo-dissocieraient'. Mais un grand nombre de nos questions restent encore sans réponse. Ces molécules s'assemblent-elles à la manière d'un puzzle, un atome à la fois, dans l'espace même? Ou se forment-elles à partir de grains de poussière cosmiques pour ensuite s'en détacher? Nous cherchons toujours."

Un autre aspect de ces lourdes molécules interstellaires intrigue les astronomes du CNRC: certaines d'entre elles ont un poids molécu-



À gauche: CTB 104A, reste de supernova âgée de grandes dimensions dans la constellation du Cygne. À droite: DA 495, situé entre les constellations du Cygne et du Petit Renard et dont l'intérieur présente une structure inhabituelle en forme de coquille. Ces deux images en fausses couleurs ont été obtenues à l'aide du radiotélescope de synthèse de l'OFR.

laire qui est presque le double de celui de l'acide aminé glycine, qui est un élément constitutif des protéines et qui forme, de ce fait, le support de la vie. Certains astronomes avancent que l'espace, avec ses innombrables parsecs cubes de matière, pourrait également receler des protéines complètes, et que la vie pourrait avoir été apportée d'ailleurs dans la galaxie et "semée" sur notre planète. C'est toutefois une hypothèse à laquelle la plupart des astronomes du CNRC ne semblent pas souscrire.

Le Dr Paul Feldman, l'un des codécouvreurs de HC_{11}N , nous explique pourquoi. "La glycine, molécule qui est peut-être un précurseur de la vie comme nous la connaissons, c'est-à-dire à base de carbone, n'a pas encore été découverte ailleurs que sur la Terre. Même si un jour nous détectons une telle molécule dans l'espace, cela ne suffirait pas à confirmer les théories sur l'origine extraterrestre de la vie. Je crois que les molécules que nous avons détectées jusqu'ici, aussi complexes soient-elles, sont 'abiotiques', c'est-à-dire qu'elles sont produites sans activité biologique."

Penticton, C.-B. À une journée de route de Vancouver, en pénétrant à l'intérieur des terres, nous atteignons la paisible vallée qui abrite l'Observatoire fédéral de radioastronomie (OFR) du CNRC. À l'OFR, les radioastronomes étudient des phénomènes dont la violence est de magnitude cosmique. Bien qu'ils ne possèdent pas de réflecteur

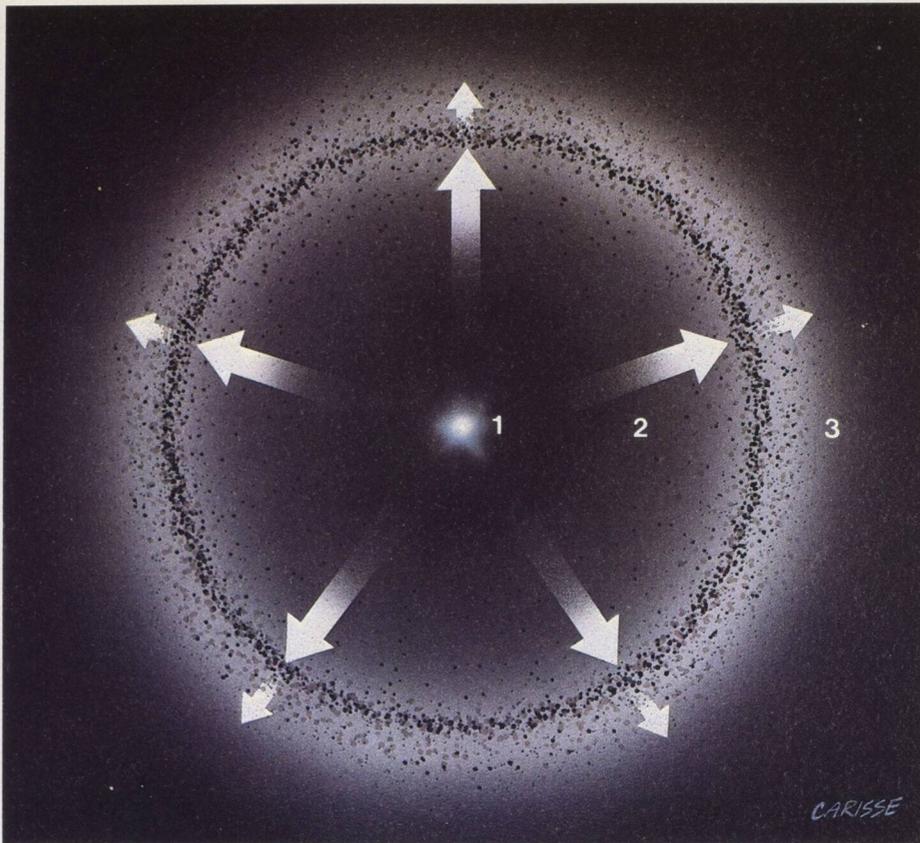
orientable de taille comparable à celui d'Algonquin, ils utilisent un radiotélescope "à synthèse d'ouverture" composé de quatre petites antennes paraboliques qui permettent d'effectuer, en utilisant la rotation de la Terre, des observations dont la résolution est équivalente à celle que l'on obtiendrait avec un réflecteur unique de 600 m de diamètre. À la fréquence de 1 400 MHz, le radiotélescope de l'OFR permet de cartographier une portion du ciel vingt fois plus grande que la pleine lune, et cette surface sera décuplée au cours de cette année lorsque le télescope pourra capter des photons de 400 MHz. Avec un "champ de vision" aussi vaste, il est particulièrement adapté à l'observation des gaz diffus situés dans les bras spiraux de notre galaxie. L'étude de la température, de la densité et du mouvement de ces gaz permettra d'identifier les phénomènes qui les perturbent, les supernovae comptant parmi les plus grandes perturbatrices.

Bien que de très courte durée, l'apparition d'une supernova est l'un des événements les plus spectaculaires de la nature. Lors d'une explosion extrêmement violente, presque toute la matière de l'étoile est éjectée et, pendant quelques jours, celle-ci brille d'un éclat plus grand que toutes les étoiles de sa galaxie réunies! Selon la théorie actuelle, les supernovae peuvent se former de plusieurs façons. La plus commune surviendrait lorsqu'une étoile vieille, plus massive que le Soleil, a con-

sommé tout son carburant nucléaire et ne peut plus produire l'énergie nécessaire pour équilibrer sa propre force gravitationnelle. Une partie de l'étoile s'effondre sur elle-même mais son enveloppe extérieure est éjectée dans l'espace environnant à des milliers de kilomètres par seconde. Ce processus fascine les astrophysiciens; toutefois, les astronomes de l'OFR s'intéressent tout autant aux effets de ces explosions. Ils se servent en effet des ondes de choc créées par les supernovae pour étudier le milieu interstellaire. (Voir le diagramme de la page 17.)

"Les supernovae influent à la fois sur l'évolution des galaxies et sur celle de la vie", explique le Dr Lloyd Higgs, directeur de l'OFR. "Selon nos théories, le big bang, l'explosion qui a donné naissance à l'univers, n'a permis de synthétiser que des isotopes d'hydrogène et d'hélium. Par contre, la première génération d'étoiles qui est apparue après le big bang a permis la création d'éléments plus lourds, jusqu'à une certaine limite de poids atomique. Ainsi, les premières étoiles ont synthétisé l'hélium en lithium, le lithium en béryllium, et ainsi de suite. Mais elles ne pouvaient synthétiser, par exemple, le cuivre en zinc — cela nécessite de l'énergie. En fait, aucun élément plus lourd que le fer ^{56}Fe n'a pu être créé par fusion au sein des vieilles étoiles.

"Des éléments plus lourds pourraient toutefois s'être formés dans les conditions de pression et de température incroyablement élevées des



Carisse Graphic Design Ltd.

Une géante rouge vieillissante peut se débarrasser d'une telle quantité de matière au moyen de son vent stellaire qu'il ne restera plus qu'un petit noyau d'étoile nu appelé "naine blanche" (1). Le vent stellaire souffle alors beaucoup plus fortement (2) que ne le faisait le vent initial (3), créant ainsi une "nébuleuse planétaire" dans la zone de collision.

supernovae. Ces explosions ont probablement libéré l'énergie nécessaire à la formation des éléments lourds sans lesquels la vie, comme nous la connaissons, et la Terre, comme nous la connaissons, ne pourraient pas exister."

Mais si ces éléments lourds proviennent de supernovae, comment ont-ils pu se frayer un chemin jus-

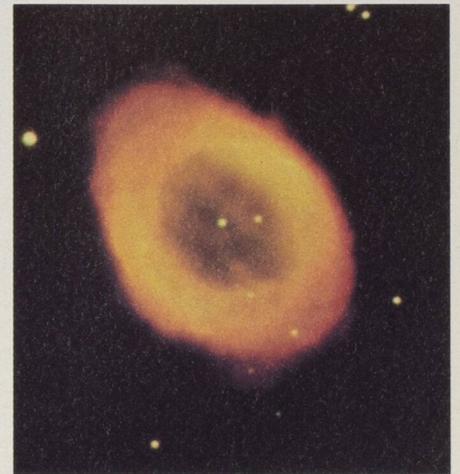
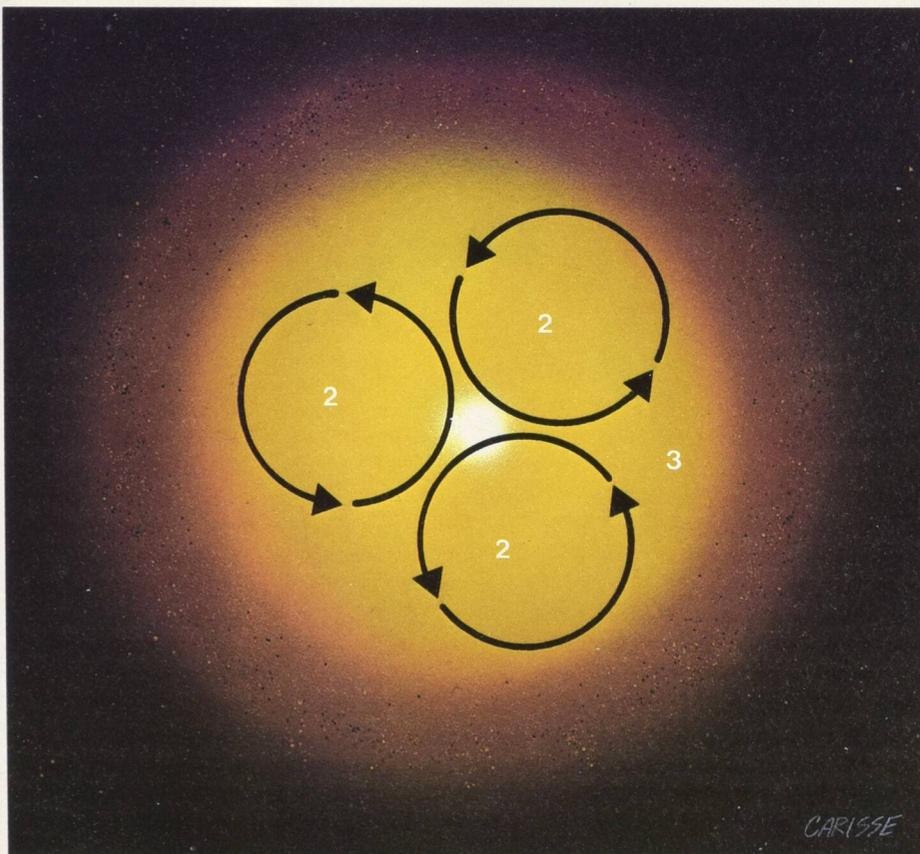


Image de la nébuleuse annulaire de la Lyre, "nébuleuse planétaire" également étudiée aux fréquences radio et photographiée ici dans la gamme optique à l'aide du Télescope Canada-France-Hawaii. Bien qu'elle ait la forme apparente d'un anneau, ce que nous voyons n'est qu'une projection: il s'agit en fait d'une sphère creuse. (Voir diagramme à gauche.)



Carisse Graphic Design Ltd.

qu'aux planètes et aux étoiles? "Les mêmes explosions qui les ont créés les ont également expulsés très loin dans le milieu interstellaire, permettant aux étoiles des générations subséquentes, à mesure qu'elles se condensaient, d'incorporer ces éléments plus lourds. Les nébuleuses qui se sont ultimement contractées pour former notre système solaire appartiennent à ces objets de deuxième génération. Nous avons tous été formés à partir de poussières d'étoiles; chaque chose, chaque être

Suite à la page 20

Les étoiles sont de véritables usines de molécules. Voici comment elles contribuent à l'apport de molécules interstellaires: le noyau chaud d'une géante rouge réalise la synthèse d'éléments plus lourds que l'hélium mais plus légers que le fer. Ceux-ci sont acheminés à la surface relativement plus froide de l'étoile par des courants de convection (2) et dispersés dans l'espace environnant par le vent stellaire (3) de la géante rouge. Ils peuvent alors s'accrocher aux grains de poussière et s'associer à d'autres éléments pour former des molécules.

Comment fonctionne un radiotélescope

Tous les télescopes fonctionnent en concentrant les photons. Les radiotélescopes détectent les photons de radiofréquence (RF) qui ont une longueur d'onde supérieure mais une fréquence moindre que leurs contreparties optiques.

Quelles informations les radioastronomes obtiennent-ils sur les photons? Leur longueur d'onde pour commencer. Ajoutons que tout faisceau de photons présente une intensité mesurable de même qu'un certain état de polarisation, c'est-à-dire que les photons ont tendance à vibrer électriquement dans un plan donné. Les radioastronomes peuvent également établir leurs coordonnées célestes, c'est-à-dire la position dont semblent provenir les photons. Finalement, ils savent que toutes ces quantités peuvent varier en fonction d'une cinquième variable, le temps.

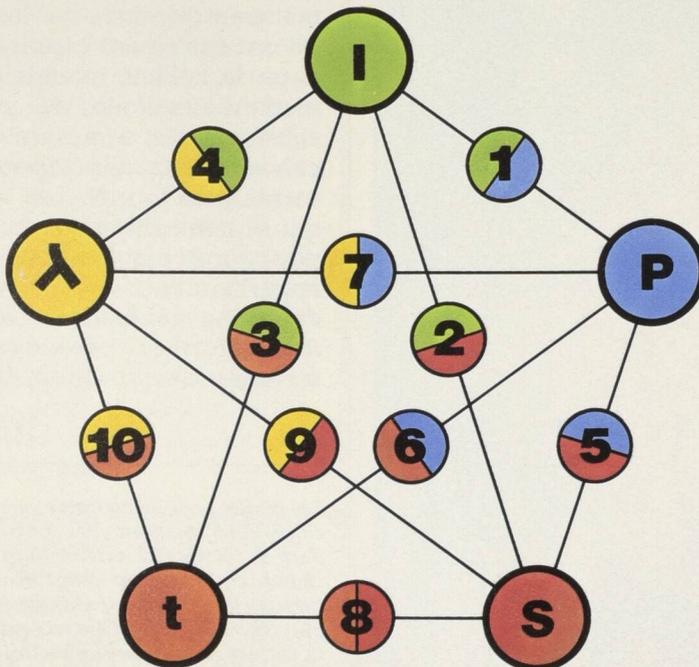
La plupart des radiotélescopes ont une surface réfléchissante parabolique, qui permet la concentration de faisceaux parallèles de photons en un foyer central. Les photons RF ainsi

focalisés sont recueillis par un capteur et acheminés par un câble de transmission sur la courte distance qui les sépare du dispositif de détection.

À ce point, le radioastronome peut corrélérer, au choix, deux de ces cinq variables fondamentales. Il a le choix de dix combinaisons possibles. Par exemple, il peut mettre en rapport l'intensité totale des photons avec leurs coordonnées célestes; il obtient ainsi une carte radio de la source. Il peut également mettre en rapport l'intensité des photons avec leur longueur d'onde; il obtient alors un spectre. (Reportez-vous au diagramme pour connaître les huit autres combinaisons.) Les radioastronomes de l'Institut Herzberg d'astrophysique du CNRC sont avantagés dans leur recherche spectrale de nouvelles molécules par l'existence d'une section de spectroscopie affiliée à l'institut qui crée et étudie, en laboratoire, les spectres (optiques, ultraviolets, infrarouges et radio) correspondant aux molécules que les astronomes du CNRC tentent de détecter dans l'espace.

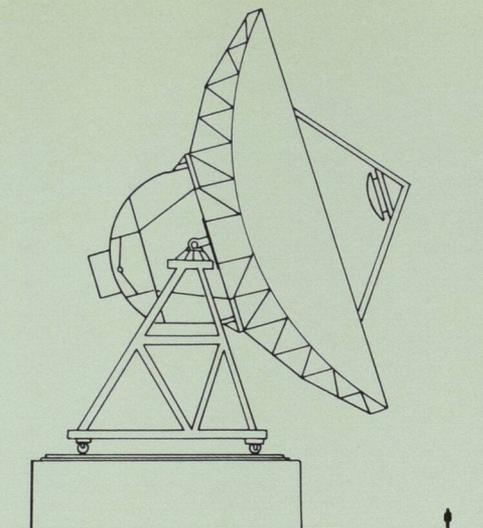
Le type de récepteur utilisé dépend de la fréquence des photons

étudiés. De 400 MHz à 15 GHz (de 400 millions à 15 milliards de cycles par seconde), les astronomes utilisent de plus en plus des dispositifs GASFET (pour Gallium-ArSenide Field-Effect Transistors) pour amplifier les faibles signaux extraterrestres. Il s'agit de dispositifs refroidis par de l'hélium liquide à environ 15 K (les kelvins correspondent au nombre de degrés Celsius au-dessus du zéro absolu). Les photons de radiofréquence allant de 15 à 50 GHz se prêtent mieux à la détection à l'aide de "masers" (pour Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation). (Les masers sont des lasers fonctionnant dans la gamme des micro-ondes. Comme les masers furent découverts les premiers, les lasers furent appelés à l'origine des "masers optiques".) Au-dessus de 50 GHz, à la frontière entre les micro-ondes et les infrarouges, les ingénieurs se servent de dispositifs, également refroidis, appelés "mélangeurs", qui abaissent la fréquence des photons reçus pour permettre leur détection à l'aide de masers ou de dispositifs GASFET.



Le radioastronome travaille avec cinq variables fondamentales: la fréquence, ou la longueur d'onde, l'intensité, la polarisation, les coordonnées célestes et le temps. En mettant en rapport l'une ou l'autre de ces variables, il obtient des informations sur les radiosources célestes. Il existe dix combinaisons possibles. Nous vous les présentons ici, accompagnées d'un exemple du type d'information qu'elles fournissent:

- 1) Intensité vs polarisation: mécanismes de rayonnement
- 2) Intensité vs coordonnées: structure de la source (cartes du ciel)
- 3) Intensité vs temps: sources variables (quasars, pulsars)
- 4) Intensité vs longueur d'onde: spectres de raies et spectres continus
- 5) Polarisation vs coordonnées: structure de la source (mécanismes de rayonnement)
- 6) Polarisation vs temps: mécanismes d'émission
- 7) Polarisation vs longueur d'onde: densités des électrons
- 8) Coordonnées vs temps: mouvement "superluminique" (apparemment plus rapide que la lumière)
- 9) Coordonnées vs longueur d'onde: mouvements d'ensemble au sein des nuages gazeux
- 10) Temps vs longueur d'onde: mouvements relatifs des objets et des nuages gazeux extragalactiques



John Bianchi

Les détecteurs de polarisation sont des "polarimètres". Un polarimètre simple est composé d'une grille formée de fils métalliques parallèles. Les photons en provenance d'une source non polarisée traversent la grille quelle que soit son orientation; mais, s'il s'agit d'une source polarisée, la rotation de la grille agira à la manière d'une valve, permettant ou non le passage des photons. Selon ses utilisateurs, le réflecteur de 46 m d'Algonquin présente une "polarisation inhérente" — polarisation qui est ajoutée au signal reçu par le télescope lui-même — particulièrement faible, de l'ordre de 0,5 %.

Le pouvoir de résolution est l'un des critères qui permettent de juger du rendement d'un télescope. Il existe deux types de résolution. La *résolution angulaire* correspond à la finesse des petits détails que permet d'observer le télescope. Elle se mesure en degrés. Par convention, un cercle est divisé en 360°. Chaque degré se subdivise en 60 minutes d'arc, chaque minute d'arc en 60 secondes d'arc. La totalité du cercle compte donc $60 \times 60 \times 360 = 1\,296\,000$ secondes d'arc. Dans la gamme optique, le Télescope Canada-France-Hawaii (TCFH) a déjà permis de résoudre des objets aussi petits que 0,25 seconde d'arc, ce qui est la meilleure résolution obtenue à ce jour par un télescope terrestre.

La *résolution spectrale* dépend en grande partie de l'équipement électronique utilisé pour l'analyse spectrale. Cet équipement, conçu par des

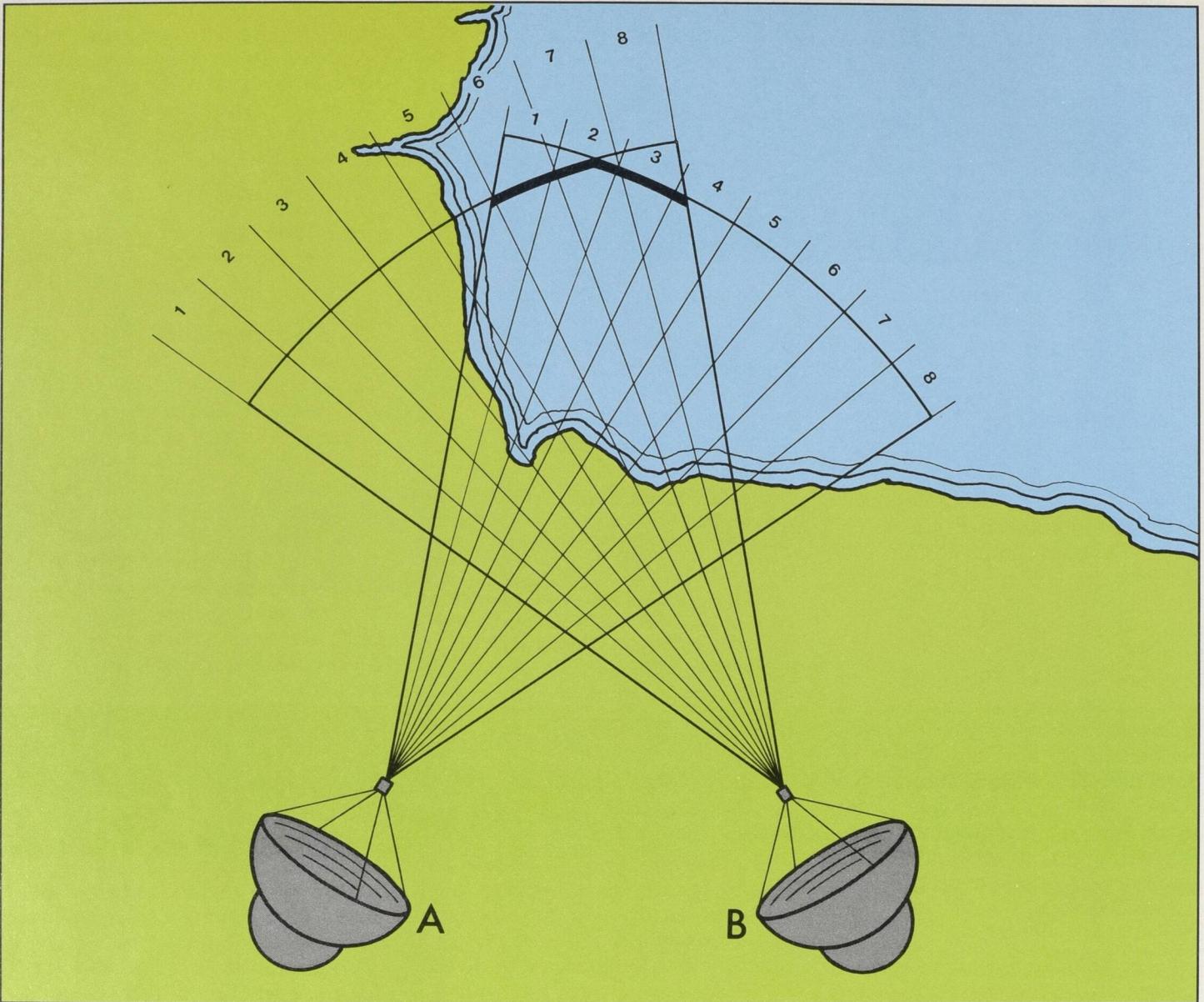
Des réseaux de radiotélescopes reliés par interférométrie à très grande base permettent d'atteindre une résolution angulaire supérieure à tout ce qui s'est fait à ce jour. Le Réseau interférométrique canadien proposé serait formé de neuf réflecteurs paraboliques de 32 m qui couvriraient tout le Canada et créeraient une base de 5 000 km de long.

ingénieurs micro-ondes, permet aux astronomes d'analyser les raies spectrales et de les classer de façon très précise selon leurs longueurs d'onde.

On peut prédire la résolution angulaire idéale de n'importe quel télescope en divisant son diamètre par la longueur d'onde des photons réfléchis. Les longueurs d'onde optiques étant beaucoup plus courtes que les longueurs d'onde radio, des réflecteurs optiques beaucoup plus petits permettent d'atteindre une résolution équivalente à celle des grands radiotélescopes. En revanche, pour obtenir une résolution se rapprochant de celle d'un réflecteur optique, les réflecteurs RF devraient être de dimensions démesurées. Le réflecteur de 46 m de l'Observatoire radioastronomique d'Algonquin du CNRC est de dimensions moyennes mais, même en opérant aux plus courtes longueurs d'onde, sa résolution est encore 200 fois moindre que celle du TCFH. La Grande-Bretagne exploite un réflecteur orientable de 76 m à Jodrell Bank et les États-Unis ont revêtu une dépression naturelle du sol à Arecibo, à Porto Rico, de panneaux d'aluminium qui réfléchissent les photons RF, créant

ainsi un réflecteur fixe de 300 m de diamètre. Pour capter les photons réfléchis par cette surface non orientable, les astronomes d'Arecibo doivent déplacer au-dessus du réflecteur une nacelle de 600 tonnes suspendue par des câbles et portant les instruments.

L'utilisation de réseaux de réflecteurs multiples permet d'obtenir une résolution angulaire de beaucoup supérieure à celle d'un réflecteur radio unique; ces antennes peuvent être groupées, comme à l'OFR. Toutefois, une technique proposée par des scientifiques canadiens et appelée "interférométrie à très grande base" (VLBI) permettrait d'atteindre une résolution encore meilleure, et même supérieure à celle des grands télescopes optiques. Les interféromètres sont désormais les instruments les plus précis pour la détection de petits détails sur des objets célestes. Dans un réseau interférométrique, les signaux radio provenant d'une même source sont captés par des antennes séparées et les données obtenues sont combinées par un ordinateur, ce qui permet de détecter des détails avec une résolution de 0,001 seconde d'arc (résultat comparable à l'identification d'une pièce de dix cents à 2 000 km de distance). Deux variables déterminent la résolution de ces réseaux d'antennes: la longueur d'onde utilisée et la longueur de la base, c'est-à-dire la distance qui sépare les antennes. Lors de telles observations, la synchronisation est un facteur crucial: les récepteurs doivent être reliés en temps réel par satellite, ou leurs signaux doivent être enregistrés sur bandes magnétiques en même temps qu'un signal de synchronisation très précis provenant d'une horloge atomique. Le réseau interférométrique proposé serait formé de huit antennes paraboliques de 32 m qui couvriraient tout le Canada, de Terre-Neuve à la Colombie-Britannique, et créeraient ainsi une base de 5 000 km permettant de détecter des objets célestes de 0,0001 seconde d'arc. Une neuvième antenne, située à Yellowknife, permettrait de faire des observations sur des phénomènes terrestres comme la dérive des continents.



sur Terre n'est que de la poussière d'étoiles recyclée."

Higgs explique que, après l'explosion de la supernova initiale, d'autres supernovae ont pu par la suite provoquer des instabilités locales dans le milieu interstellaire et déclencher la formation d'étoiles de deuxième génération comme notre Soleil.

"Un reste de supernova se compose de deux éléments", nous explique Higgs, contemplant la paisible vallée. "À la place de l'étoile initiale se trouve un objet très dense, qui peut être un trou noir ou une étoile à neutrons. Et, à partir de celui-ci, se propage dans toutes les directions une onde de choc, dont la vitesse et la température s'affaiblissent graduellement. Cette onde de choc amène la diffusion de nouveaux matériaux, perturbe le

Sur cette figure montrant la partie nord de la Saskatchewan est reproduit le schéma d'une expérience prévue dans le cadre du programme ISTPP. Deux stations radar automatiques (A et B) envoient chacune huit faisceaux en direction d'une mince couche de la haute atmosphère terrestre, créant une grille de $8 \times 8 = 64$ "portions". Grâce aux signaux radar réfléchis par chacune de ces portions, les scientifiques au sol peuvent étudier l'interaction des nuages d'électrons qui se déplacent lentement dans la haute atmosphère avec le champ magnétique terrestre et le vent solaire. (Le \times apparaissant au haut du schéma, formé par des arcs centrés sur les stations radar, indique la portée maximale de chacun.)

milieu existant et déclenche la formation de nouvelles étoiles."

Au moins un astronome est prêt à commenter cette affirmation. Le Dr Sun Kwok, actuellement rattaché à l'Université de Calgary, a travaillé initialement à l'Université York avec le Dr Chris Purton, maintenant de l'OFR, sur les "vents stellaires". Ces vents sont formés par l'éjection de particules physiques — par opposition à l'énergie rayonnée par les photons — à partir des étoiles. Notre propre Soleil émet un vent léger responsable de la formation des au-

rores polaires; toutefois, certaines étoiles éjectent de la matière avec une énergie plus d'un million de fois supérieure à celle du vent solaire. Selon Kwok, ce sont ces vents stellaires, pris collectivement, et non les supernovae, qui seraient à l'origine de l'enrichissement de la matière galactique par des éléments lourds, ceux-ci étant éventuellement incorporés par des générations subséquentes d'étoiles.

"Certains théoriciens prétendent que les étoiles dont la masse est supérieure à 1,4 masse solaire ter-

minent leur vie par une explosion catastrophique menant à la formation d'une supernova", rapporte-t-il. "Pourtant, l'observation d'une supernova est un phénomène plutôt rare: seule une infime poignée d'étoiles parmi les centaines de milliards que compte la Voie lactée exploseront pour former des supernovae dans le cours d'un siècle. Il est évident que quelque chose cloche dans les calculs des théoriciens, car les étoiles massives n'explorent pas toutes."

Les géantes rouges, auxquelles s'intéresse Sun Kwok, sont des étoiles relativement âgées, froides et massives. En cent mille ans à peine — un temps très court dans la vie d'une étoile — certaines géantes rouges peuvent se débarrasser de matériaux équivalant à une masse solaire au moyen de vents stellaires relativement légers.

"Au bout d'un certain temps, ajoute Sun Kwok, le champ gravitationnel de ces étoiles s'est suffisamment affaibli pour modifier leur évolution ultérieure. Elles ne meurent pas dans un big bang mais dans un murmure, sous forme d'un petit noyau d'étoile nu appelé 'naine blanche'."

Sun Kwok fonde ses conclusions sur des observations effectuées à plusieurs longueurs d'onde: optiques, micro-ondes et infrarouges. Ces observations multiples sont nécessaires parce que les vents stellaires s'échappant d'une géante rouge contiennent une quantité importante de gaz et de poussières qui forment un halo autour de l'étoile et absorbent souvent la lumière visible émanant de celle-ci. L'énergie lumineuse absorbée par le halo est irradiée à son tour mais à des longueurs d'ondes plus grandes — RF et infrarouges — qui peuvent traverser le halo et atteindre la Terre.

C'est précisément dans le halo de ces géantes rouges que Broten et ses collègues ont découvert des molécules à longue chaîne de carbone. "Les géantes rouges, poursuit Sun Kwok, sont de véritables usines de molécules. Elles commencent par fabriquer les éléments lourds nécessaires par fusion; elles les transportent ensuite vers la surface par convection; enfin, elles éjectent ces éléments dans un milieu plus froid favorable à la formation de molé-

cules complexes. Évidemment les éléments vraiment lourds, ceux dont le poids atomique est supérieur à ^{56}Fe , ne peuvent se former qu'au sein des supernovae."

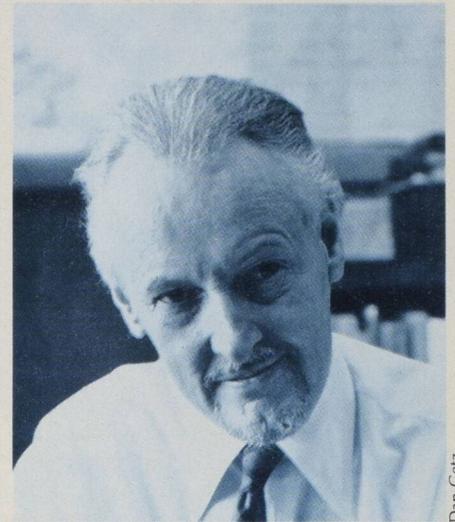
Ottawa, Ontario. À l'Institut Herzberg d'astrophysique, sur la promenade Sussex, à Ottawa, le Dr Jacques Vallée passe systématiquement au crible les anomalies magnétiques de la Voie lactée pour y découvrir des restes de supernovae, tâche à laquelle il devra probablement consacrer le reste de sa vie.

"Après l'explosion d'une supernova, explique Vallée, l'enveloppe de matière éjectée crée une onde de choc qui balaie tout sur son passage, y compris les minuscules grains de matière qui portent le champ magnétique de la Galaxie. Le champ magnétique est 'figé' dans ces particules. Lorsqu'une onde de choc déplace ces particules, le champ magnétique est également perturbé."

Vallée examine attentivement les émissions RF d'objets extragalactiques qui atteignent la Terre après avoir traversé un des bras spiraux de la Galaxie. "Les émissions radio d'un quasar sont polarisées d'une certaine façon par l'objet lui-même; si elles ont subi une polarisation additionnelle lorsqu'elles nous atteignent, nous en déduisons qu'elles ont traversé une anomalie magnétique du champ galactique, c'est-à-dire un endroit où les lignes de force du champ magnétique de la Galaxie ont été perturbées. En reportant ces anomalies sur une carte du ciel, nous pouvons observer si elles se regroupent pour former un amas, auquel cas nous concluons à la découverte d'une autre 'bulle' provenant d'une ancienne supernova; notre total à ce jour est de quatre."

Ces bulles subissent-elles une expansion sans fin? "Non. Avec le temps, l'enveloppe de matière éjectée ralentit sa course, se refroidit et devient de plus en plus ténue pour, finalement, se briser."

Comme tous les astronomes, Jacques Vallée tente d'extraire le plus d'information possible de ses observations. L'un des aspects les plus inattendus de son étude des séquences magnétiques des supernovae est sa contribution au programme SETI (*Search for Extraterrestrial Intelligence*).



Alister Vallance Jones

"Puisque notre étude du champ magnétique nous amène à déterminer la polarisation des photons, il nous est facile de rechercher les sources RF polarisées à 70 % ou plus", explique Vallée. "Une émission aussi fortement polarisée serait presque certainement le produit d'une technologie avancée. Les signaux des émetteurs radio terrestres, par exemple, sont polarisés à plus de 70 %."

Paul Feldman, qui a participé à plusieurs reprises aux travaux du programme SETI depuis le début, croit que de telles recherches prendront beaucoup de temps: "Quiconque s'imagine que nous vivons assez vieux pour voir les résultats positifs de ces recherches se fait des illusions." Paradoxalement, l'un des facteurs qui pourraient retarder l'issue positive du programme SETI est son incertitude: avec une probabilité de réussite quasi inconnue, les participants au projet doivent se contenter de petits télescopes et ne disposent que de périodes d'observation limitées sur les plus gros. Mais la récompense de tels efforts serait si grande, la découverte d'autres sociétés dans notre univers si importante, que le programme SETI risque peu d'être abandonné avant longtemps.

Swan River, Manitoba. La radioastronomie est une discipline presque exclusivement passive. Un photon prend environ quatre ans pour atteindre l'étoile la plus proche, et les photons émis par un quasar ont pu mettre des milliards d'années à nous parvenir. L'idée de "répondre" à de telles sources est absurde: nous observons le passé, les quasars que nous détectons aujourd'hui n'existent peut-être plus. Mais, plus près de nous, dans notre propre "cour astronomique", les distances sont suffisamment petites pour permettre l'existence d'une sous-discipline plus active: la radarastronomie.

"Radar" est l'acronyme de "RADAR Detection And Ranging" (détection et télémétrie au moyen d'ondes électromagnétiques). Le radar astronome envoie des faisceaux de photons RF en direction de l'objet étudié et enregistre l'écho obtenu. Pour ce type d'études, les grands réflecteurs paraboliques utilisés en radioastronomie servent à la fois

d'émetteurs et de récepteurs radio; ils permettent d'envoyer des ondes RF en direction des planètes voisines (ou des comètes) et de détecter leur écho.

"On ne considère généralement pas l'étude de la haute atmosphère terrestre comme relevant de l'astronomie, mais c'est pourtant le cas", déclare le Dr Alister Vallance Jones, de la section des sciences planétaires de l'IHA. "Les phénomènes que nous observons à 110 km au-dessus de la Terre sont également présents dans la magnétosphère de Jupiter, du Soleil et d'autres étoiles. Les mêmes thèmes fondamentaux ne font que s'y répéter sur une échelle beaucoup plus grande."

Vallance Jones participe présentement à l'*International Solar-Terrestrial Physics Program* (ISTPP). Dans le cadre de ce programme, Vallance Jones et ses collègues américains, européens et japonais utiliseront bientôt le radar pour étudier les aurores boréales.

"Les aurores sont des phénomènes extrêmement complexes", explique Vallance Jones. "Elles résultent de l'interaction du champ magnétique terrestre et du vent solaire, ce flux d'électrons et de photons de grande énergie qui nous vient du Soleil. Nous nous servons du radar pour étudier ces électrons et les champs magnétiques qu'ils traversent."

L'aspect du programme ISTPP dont s'occupe Vallance Jones se déroule au sol. Il se sert de stations radar automatiques qui transmettent les données enregistrées par télémétrie. Ces stations peuvent être comparées à des satellites opérant au sol.

Comment un radar peut-il détecter le flux d'électrons? Les électrons de grande énergie qui atteignent la Terre produisent, dans la haute atmosphère, des nuages d'énergie électronique plus faible capables de retourner les signaux radar. En se servant de huit faisceaux radar situés sur chacune des deux stations terrestres de l'ISTPP, les astronomes découpent l'espace en 64 "portions". Ils mesurent la vitesse des électrons dans une portion donnée du ciel grâce à l'effet Doppler, qui entraîne un décalage dans la fréquence de l'écho. Une troisième coordonnée, la hauteur, est dé-

terminée par la nature elle-même: les processus étudiés ne prennent place qu'à l'intérieur d'une mince couche de l'ionosphère terrestre. (Voir page 20.)

A l'instar des autres domaines de l'astronomie moderne, le programme ISTPP fait appel aux progrès scientifiques et techniques les plus récents. Son radar sera couplé à des photomètres sensibles à différentes longueurs d'onde du spectre visible de même qu'à des satellites ultrasensibles servant à l'étude de la magnétosphère.

En l'espace d'un demi-siècle à peine, la radar astronomie et la radioastronomie ont révolutionné notre conception de l'univers. De nombreux et passionnants nouveaux objets célestes ont été découverts grâce à leurs émissions radio: pulsars, quasars, nuages moléculaires géants, vents stellaires. Pourquoi la radioastronomie est-elle si féconde?

La radioastronomie nous permet de détecter des phénomènes qui ne pourraient être perçus par d'autres moyens. Lorsque certaines molécules sont en rotation, ou que des électrons subissent une accélération dans un champ magnétique, ils trahissent leur activité en émettant des photons RF. Les scientifiques ont mis au point des moyens permettant de détecter ce rayonnement. C'est ainsi qu'ils ont pu, pour le bénéfice de nous tous, élargir notre connaissance de l'univers au-delà du visible. Ils y ont découvert un univers plus violent, plus étrange et plus merveilleux encore que n'aurait pu l'imaginer en 1932 l'homme qui, le premier, s'est mis à l'écoute des ondes célestes. ☾

Adaptation française: Line Bastrash

Dr Kartha et le manioc

La science au service du Tiers-Monde

par Paul Tisdall

Nous sommes en 1955, dans la province de Kerala, au sud de l'Inde. Kutty Kartha, alors âgé de 13 ans et fils de propriétaire terrien, cultive ce qu'au Canada on aurait appelé un petit carré de pommes de terre. Mais dans cette région de moussons tropicales du sud de l'Inde, c'est le manioc qui prédomine. Ce tubercule alimentaire qui ressemble à nos patates douces est reproduit par bouturage. Les racines sont arrachées 7 à 18 mois après la plantation et elles sont bouillies ou frites comme des pommes de terre ou bien traitées pour la production de farine.

Cette année-là, les feuilles du manioc que Kutty Kartha avait cultivé s'étaient flétries et les racines n'avaient pas réussi à se développer. Ce phénomène, dont la cause lui échappait alors, était dû en fait à une mosaïque, maladie qui affecte certaines plantes et qui risque de détruire jusqu'à 75% des récoltes. Elle semble être causée par un virus et l'on ne connaît encore aucun moyen efficace de l'arrêter une fois qu'elle s'est installée.

Aujourd'hui, Kutty Kartha est loin de la zone des moussons tropicales du sud de l'Inde. C'est à l'Institut de biotechnologie des plantes du Conseil national de recherches, à Saskatoon, qu'oeuvre ce scientifique de 42 ans aux cheveux grison-

nants et renommé pour sa productivité phénoménale. Là, depuis plus de dix ans, il applique des techniques de pointe de la biologie moderne à l'amélioration de la culture du manioc de ses jeunes années.

Le manioc revêt une singulière importance dans l'alimentation des populations de la planète qui sont le plus défavorisées sur ce plan. Dans les pays industrialisés, où on l'utilise à l'occasion pour la confection de desserts, cette plante est presque exclusivement connue sous le nom de tapioca. Mais, dans les régions tropicales pauvres d'Asie, d'Afrique et d'Amérique du Sud, elle constitue la nourriture de base de plus de 500 millions de personnes. Dans la région au sud de l'Inde qui a vu naître le Dr Kartha, la ration alimentaire quotidienne d'environ 25 millions de personnes atteint à peine une moyenne de 700 calories, soit de 2 940 joules.

Si la culture du manioc s'est répandue dans ces régions pauvres, c'est en raison de son rendement relativement élevé malgré l'utilisation de techniques agricoles rudimentaires, la petitesse des exploitations et l'insuffisance des ressources de l'exploitant. Cette plante, par ailleurs, se développe très bien dans les sols pauvres en azote et en matières nutritives et résiste à des taux d'acidité élevés et à des niveaux de précipitations fai-



Plantes exemptes de virus régénérées à partir de méristèmes de plantes de manioc infectées.

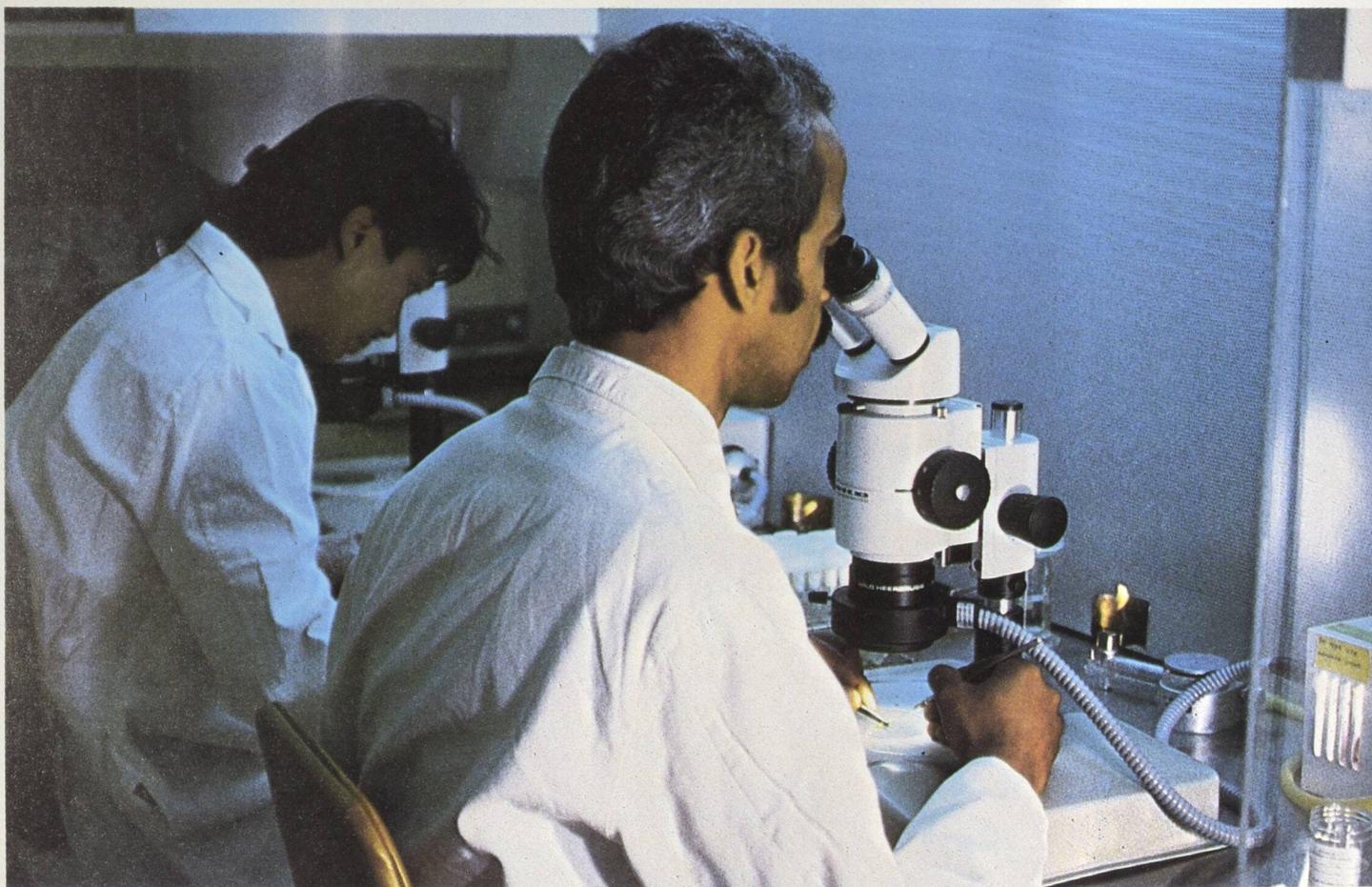
bles ou irréguliers que la plupart des autres cultures importantes ne peuvent tolérer. Par ailleurs, plus de vingt pour cent des récoltes de manioc sont réservées à l'alimentation du bétail.

Malgré son importance comme ressource alimentaire des pays pauvres, le manioc est "négligé", explique le Dr Kartha. En effet, l'aide financière accordée à l'amélioration des variétés actuelles qui, étant croisées entre elles, sont génétiquement inférieures est encore insuffisante. Il n'y a pas non plus d'efforts concertés pour lutter contre les maladies et les parasites, cause ma-

Plantations de manioc en Colombie, en Amérique du Sud. Cette culture est à la base de l'alimentation de plus de 500 millions de personnes dans le Tiers-Monde.



K.K. Kartha



Al Lutzko IBP

Le Dr Kartha isole des méristèmes à l'aide d'une technique de chirurgie microscopique. À l'arrière-plan, le technicien Nick Leung est absorbé dans son travail.

jeure de la réduction du rendement.

Mais le Dr Kartha s'est promis de combler cette lacune. En fait, la propagation de maladies est étroitement liée aux techniques de reproduction utilisées et, tant que l'on se servira de boutures de manioc infectées, les maladies seront transmises de culture en culture. Des

centres d'agronomie importants, comme ceux de la Colombie et du Niger, hésitent même à échanger des échantillons de plantes destinés à la reproduction de crainte que ces maladies ne se répandent, d'autant plus que les différentes variétés ne sont pas nécessairement résistantes aux mêmes affections.

Mais le Dr Kartha a toutefois réussi à obtenir des plantes exemptes de maladies utilisables pour la reproduction et la culture. Il doit ce succès à une technique de culture de méristème mise au point par le professeur Georges Morel, de l'Institut national de recherches agronomiques, à Versailles, en France, avec qui il a travaillé après avoir achevé ses études doctorales à l'Indian Agricultural Research Institute, à New Delhi.

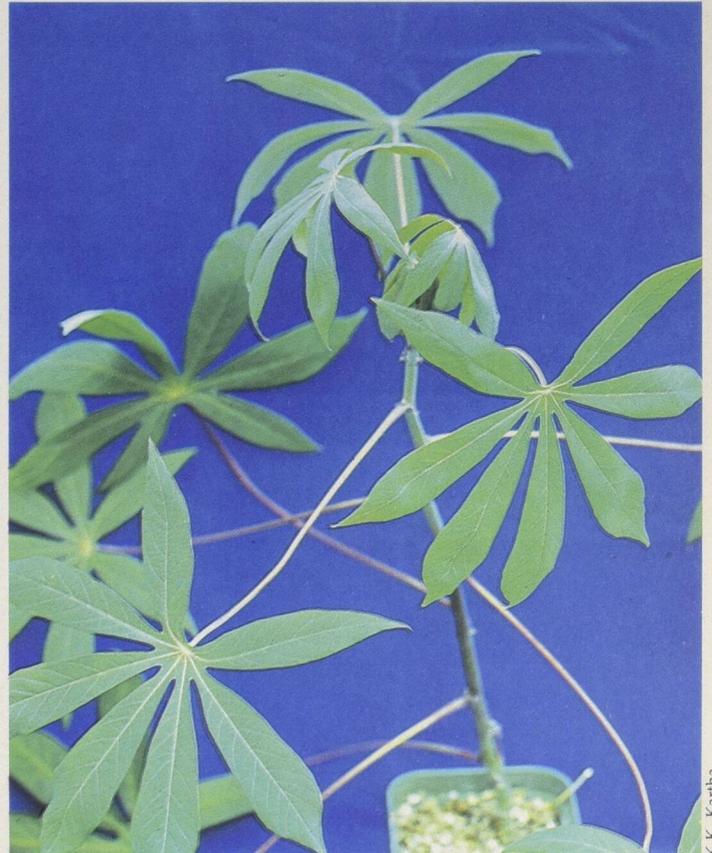
Le méristème est un tissu végétal de 0,3 mm d'épaisseur, situé à l'extrémité des tiges et des racines, formé de petites cellules qui se multiplient activement et qui commandent la croissance des plantes. Pour cultiver des méristèmes, il faut

La culture de méristème et d'autres tissus végétaux est déjà très répandue dans les pépinières industrielles. En fait, des plantes ornementales comme les violettes africaines et les fougères de Boston sont couramment obtenues à partir de cultures tissulaires. Ces cultures, qui au départ ne comptent qu'une quantité infime de cellules primaires, peuvent donner près d'un millier de plantes individuelles en l'espace de quelques semaines.

Mais le plus important des avantages de la culture de méristème réside dans son aptitude à produire des plantules saines. De nombreuses maladies végétales, comme la mosaïque du manioc, sont propagées par les plantes, qu'elles

aseptiques permet donc d'obtenir des quantités volumineuses de nouvelles plantes saines particulièrement utilisables à des fins de culture ou de croisement. Ces propriétés de la culture de méristème ont été mises en évidence en 1952 par Georges Morel, collègue français du Dr Kartha, à la suite d'expériences qui lui ont permis d'obtenir des pousses saines de dahlias à partir de méristèmes de plantes infectées par des virus.

Mais en 1973, lorsque le Dr Kartha arriva au laboratoire du CNRC, à Saskatoon, après son séjour en France, "la culture de tissu de manioc était encore peu connue, explique-t-il. C'est alors que j'ai décidé de mettre au point une technique de



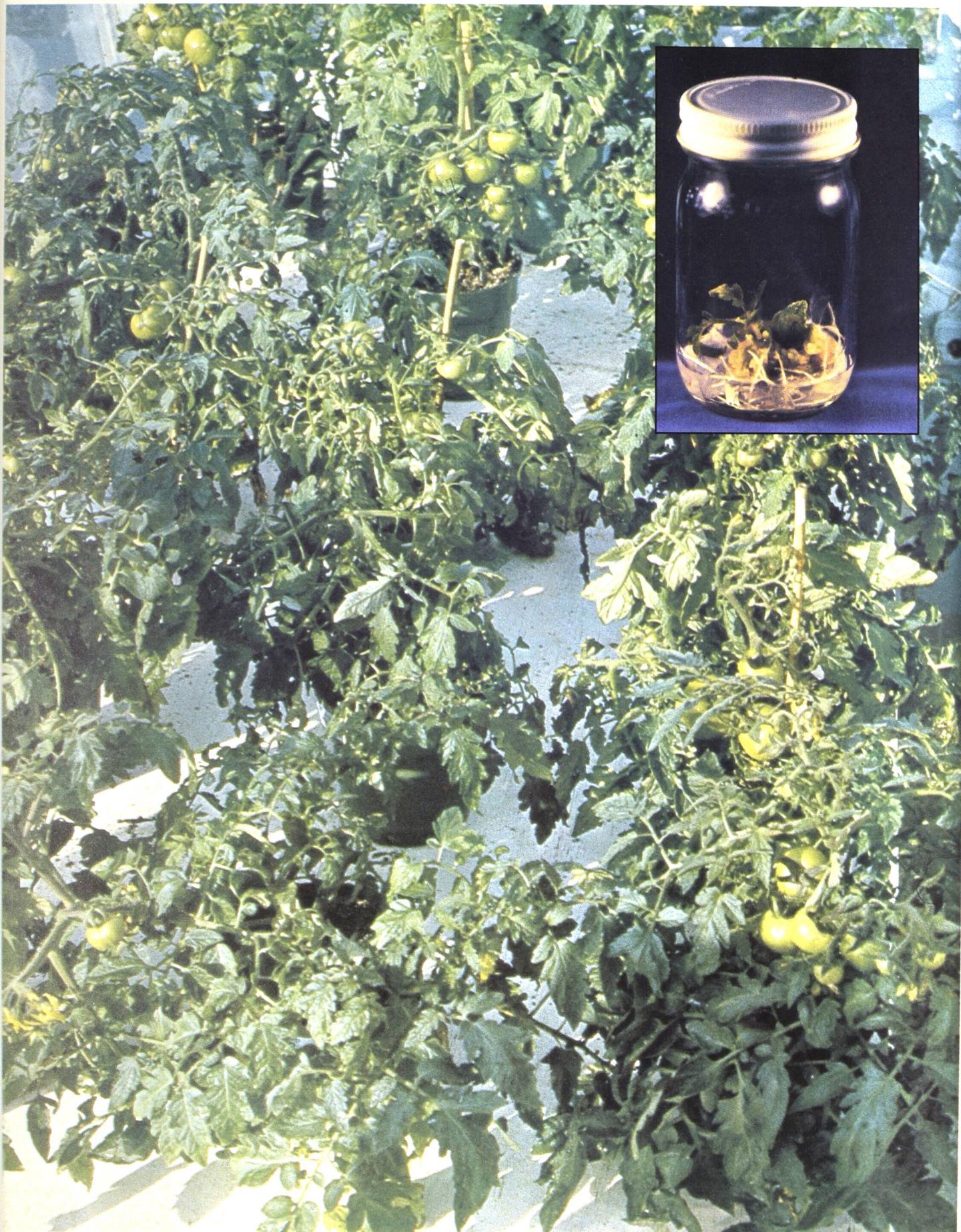
d'abord les exciser en s'aidant du microscope puis les placer sur un milieu de culture solide, enrichi d'éléments nutritifs et d'hormones de régulation de croissance. La formation de cals est induite par la suite à l'aide de différents procédés. Ces cals, masses de cellules en croissance, se différencient à leur tour et donnent des tiges et des racines qui, éventuellement, forment des plantes entières.

Plante de manioc saine (à droite) issue d'une culture de tissus de plantes atteintes de mosaïque (à gauche).

soient reproduites par multiplication végétative ou à partir de graines. Mais les cellules de méristème qui se multiplient activement et qui sont à peine âgées de quelques heures ne sont pas contaminées. Leur culture dans des conditions

culture tissulaire pour la reproduction du manioc et de l'utiliser par la suite pour la production de plantes saines."

Ses travaux de pionnier portèrent fruit et il ne tarda pas à élaborer un protocole pour la culture de méristème de manioc. Depuis ce temps, des chercheurs des grands pays producteurs de manioc sont venus à Saskatoon pour s'initier aux techniques du Dr Kartha. Ainsi, la cul-



Pieds de tomates mûrs issus d'une culture de fragments de feuilles (encadré).

ture de méristème est désormais la méthode de choix pour la propagation de cette plante dans le monde entier, et les cultures infectées de manioc que le Dr Kartha avait connues dans sa jeunesse ont été graduellement remplacées par des cultures beaucoup plus saines et ayant un rendement beaucoup plus élevé.

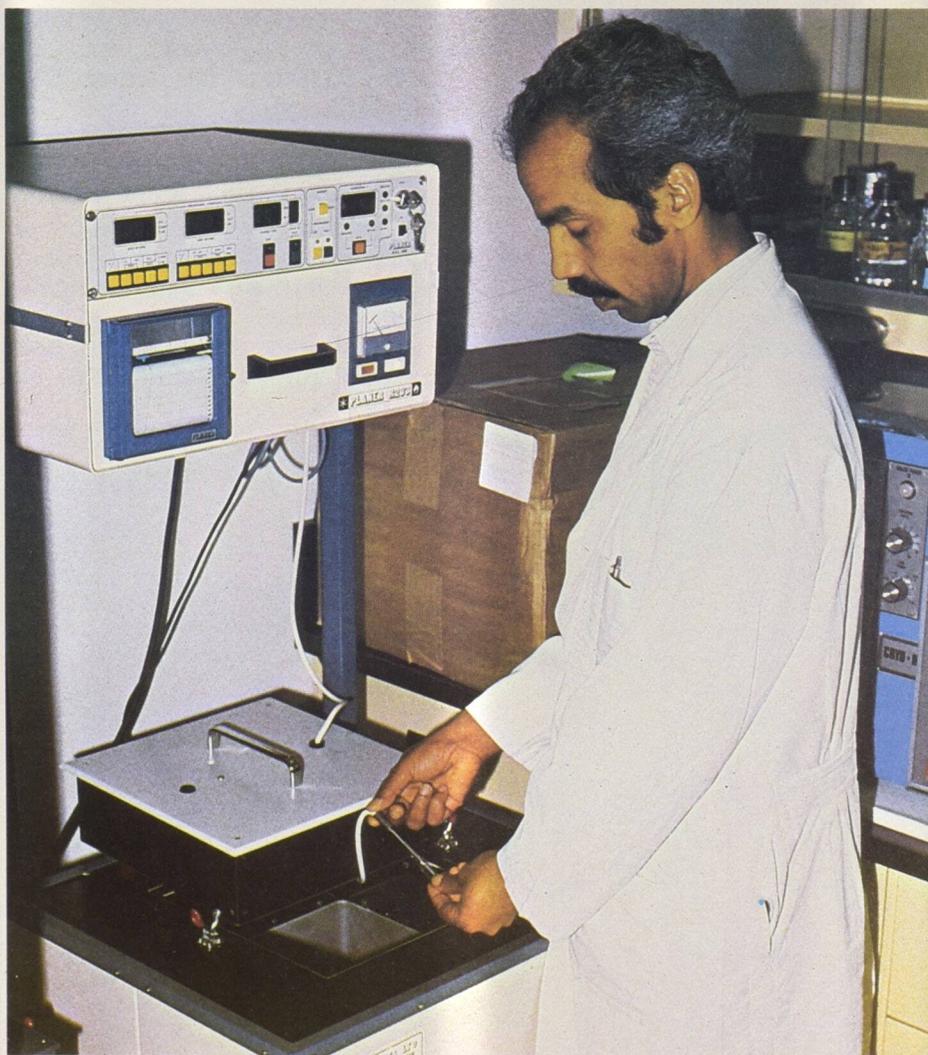
Le Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), à Cali, en Colombie, où se trouve l'une des deux plus grandes réserves de plasma germinatif de manioc du monde a trouvé de nouvelles applications aux travaux du Dr Kartha. Auparavant, pour conserver les différentes variétés de manioc, il était nécessaire de planter de nouvelles cultures chaque année. Mais aujourd'hui, grâce à la culture de méristème, on peut produire des plantules saines qui peuvent être conservées dans des tubes à essai sous un état de faible croissance pendant trois ans. "Cette méthode, poursuit le Dr Kartha, présente de nombreux avantages; elle est moins laborieuse, demande moins d'espace et élimine les possibilités de réinfection ou les risques de dégâts causés par les intempéries parfois susceptibles de détruire des collections de grande valeur." En outre, les banques de gènes internationales peuvent maintenant échanger des échantillons de plantes exemptes de maladies sous forme de cultures cellulaires.

À l'heure actuelle, les travaux du Dr Kartha visent le maintien d'une réserve de plasma germinatif pour assurer la préservation des grandes cultures qui sont presque toutes menacées. Cette situation qui a atteint des proportions de crise est, ironiquement, le résultat du progrès agronomique. En effet, la sélection des cultures en fonction de leur rendement a entraîné la disparition de nombreuses variétés locales de grande diversité génétique. En Grèce, par exemple, 95% des variétés de blé ont été abandonnées depuis la Seconde Guerre mondiale. Or, les cultures génétiquement uniformes présentent des insuffisances et leur vulnérabilité a été mise en évidence aux États-Unis, en 1970, avec la destruction de 25% de la récolte de maïs par une simple brunissure des feuilles.



K.K. Kartha

Fraisiers régénérés à partir de méristèmes cryopréservés et cultivés sur le terrain pendant plus de trois ans. Ces fraisiers sont très sains et donnent de très bonnes récoltes.



Al Lutzko IBP

Un échantillon de cellules est introduit dans l'équipement de congélation biologique où, par refroidissement surveillé, sa température sera portée au degré requis pour la cryopréservation.

Les travaux actuels du Dr Kartha sur la préservation à long terme de tissu végétal à des températures cryogéniques permettent d'entrevoir une solution à ce problème. Étant aseptiques, les méristèmes constituent encore une fois un tissu de choix pour la cryopréservation. Les méristèmes de fraisiers ont été les premiers tissus que le Dr Kartha a réussi à cryopréserver dans l'azote liquide (à -196°C). Une fois régénérés après plus de trois ans de cryopréservation à l'Institut de biotechnologie des plantes, ces méristèmes ont donné des plantes entières qui ont été cultivées sur le terrain. "Leur rendement a été énorme", explique le Dr Kartha, même après trois années de culture. Les résultats obtenus donnent également à penser que les fraisiers issus de méristèmes cryopréservés sont plus résistants. Chaque année de 5 à 10% des fraises de la Saskatchewan sont détruites par le froid, mais les fruits issus de matériel cryopréservé semblent très bien supporter l'hiver.

L'application de la cryopréservation au manioc a été la plus épineuse des entreprises du Dr Kartha. Mais, en 1982, après trois années d'efforts, il réussit à régénérer des plants de manioc à partir de méristèmes cryopréservés. Jusqu'à ce moment-là, seule la cryopréservation d'espèces comme les pois, les oeillets, les pommes de terre et les fraisiers était



Fraisiers clonés à partir de méristèmes cryopréservés dans de l'azote liquide (à une température de -196°C) pendant plus de trois ans.

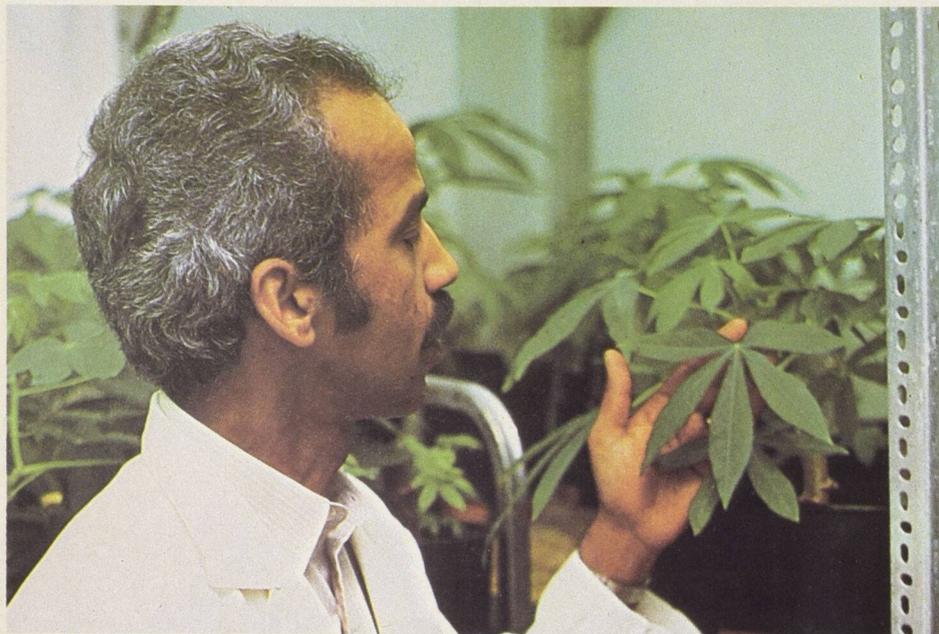
réalizable. La technique utilisée consistait à placer les méristèmes préalablement traités à l'aide de substances cryoprotectrices dans des ampoules hermétiquement fermées puis à réduire leur température jusqu'au degré désiré. Cependant, ce procédé s'est avéré inadéquat pour la cryopréservation du manioc. Il a donc fallu mettre au point une nouvelle méthode. Celle-ci consiste à congeler les méristèmes de manioc dans des gouttelettes d'une solution cryoprotectrice sur une feuille de papier d'aluminium et permet d'obtenir un refroidissement extrêmement uniforme.

Si cette nouvelle technique peut être appliquée aux différentes es-

pèces qui ont, jusqu'à présent, mal toléré la cryopréservation, elle pourrait constituer un moyen économique et sûr de préservation indéfinie de plasma germinatif dans des conditions aseptiques et génétiquement stables. L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture ayant reconnu l'énorme potentiel de cette nouvelle technique a apporté son appui aux travaux du Dr Kartha.

L'incidence des travaux du Dr Kartha sur la situation alimentaire dans le Tiers-Monde n'a pas encore été déterminée mais, après des essais sur le terrain effectués au CIAT, à Cali, en Colombie, on a pu constater une augmentation de 52 à 53% de la productivité des racines au cours de la première année de la culture de plantes issues de méristèmes régénérés (communication personnelle de W.M. Roca). L'impact de ces travaux est donc incontestable. Le Dr Kartha suit la même voie que de nombreux chercheurs qui ont marqué l'histoire de la Science et dont les travaux ont trouvé des applications concrètes immédiates et importantes. Louis Pasteur, par exemple, a réussi en même temps, par ses travaux sur les microbes, à démolir le mythe plusieurs fois centenaire de la génération spontanée et à contribuer grandement au progrès de la médecine, de l'industrie et de l'agriculture. Le Dr Kartha est lui aussi de ces rares hommes de science qui savent combiner la recherche de pointe et les applications pratiques utiles à une large portion de l'humanité. ☾

Adaptation française: Annie Hlavats



Kutty Kartha observe des plantes de manioc cultivées dans des conditions environnementales surveillées.

Paul Tisdall est un rédacteur indépendant d'Ottawa.

Micromycologie

Les pièges des champignons tueurs

par Bill Atkinson

Cette jungle constitue un écosystème étrange et compliqué. Des créatures s'y meuvent, ressemblant à des vers. Ce sont des nématodes. Un sort terrible les attend.

Les vers traversent un coussin de plantes rampantes, formant ça et là des boucles difficiles à éviter. Précautionneusement, l'un d'entre eux glisse la tête à travers une boucle, qui se referme aussitôt. Malgré tous ses efforts, le ver est prisonnier d'une puissante substance adhésive. Ses congénères continuent leur marche, jusqu'à ce que l'un d'eux trouve un autre genre de boucle sur son chemin. Son entrée y est hésitante; pendant un certain temps, tout se passe bien. Mais soudain, la paroi interne de la boucle explose vers l'intérieur, emprisonnant le nématode dans un

noeud coulant. Un troisième parvient à éviter les deux boucles, mais frôle une cosse gluante qui se détache de la plante et se fixe à sa peau. Le nématode poursuit gaillardement sa marche, mais il est condamné. Un quatrième nématode succombe de la façon la plus bizarre de toutes. Après avoir effleuré un minuscule cylindre ancré dans le tapis végétal, il se tortille soudain de douleur, comme s'il avait été transpercé: le cylindre vient de lui inoculer des champignons mortels. Un dernier nématode parvient à louvoyer à travers tous ces pièges assez longtemps pour se reproduire. Il s'agit d'un gros spécimen: un bon demi-millimètre, de la tête à la queue!

"C'est un monde sombre et dangereux, dit le Dr George Barron en allumant un cigare. Et plus nous

Dessins par John Bianchi



Bianchi

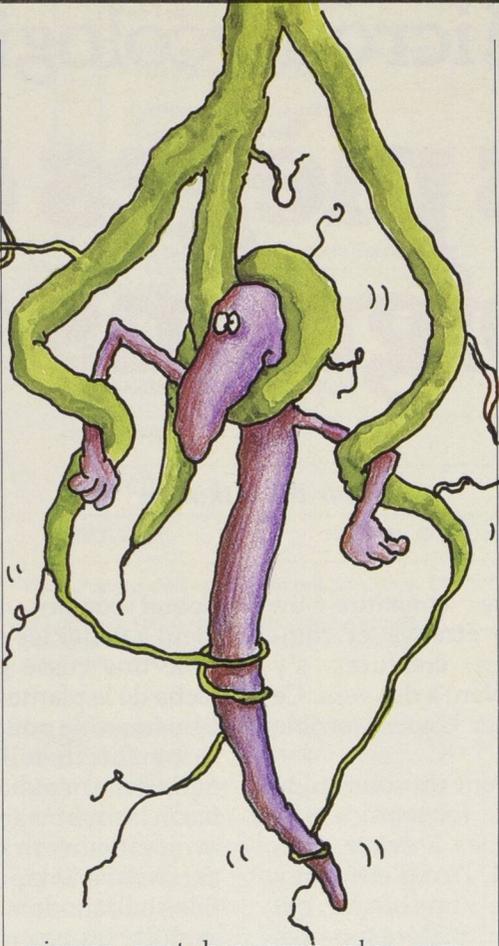
études cet écosystème, plus il se révèle compliqué. Mais ce qui le rend si fascinant, c'est qu'il repose directement sous nos pieds, à quelques centimètres sous la surface du sol."

Le Dr Barron enseigne l'écologie à l'Université de Guelph, en Ontario. C'est une autorité mondiale dans l'étude ésotérique des champignons tueurs de nématodes:

"Les plantes fabriquent de la cellulose lignifiée, un matériau solide et résistant qui leur sert de squelette; le bois est largement constitué de cellulose lignifiée. C'est une substance si inerte que nous en aurions littéralement jusqu'aux oreilles si ce n'était de certains organismes qui se spécialisent dans sa digestion. Parmi ces créatures assurant le recyclage, il y a des insectes, comme les termites, et des bactéries. Mais les plus importants, ce sont les champignons.

Il existe cependant un petit inconvénient à se nourrir de salades de cellulose: on obtient beaucoup trop de carbone, et pas assez d'azote. Les organismes vidangeurs ont besoin de carbone et d'azote dans un rapport de 30 à 1; or ce rapport n'est que de 1000 à 1 dans le cas du bois. Il faut donc qu'ils trouvent ailleurs l'azote manquant. Certains vidangeurs recyclent simplement d'énormes quantités de cellulose pour obtenir leur dose: ce sont les "herbivores". D'autres s'attaquent à de petits animaux dont les protéines contiennent beaucoup plus d'azote qu'un hydrate de carbone comme la cellulose. Les nématodes et les rotifères constituent ainsi d'excellentes proies pour tout un groupe de champignons. Nous soupçonnons ces champignons d'avoir commencé leur carrière, il y a très longtemps, comme simples dégradeurs de cellulose ou de lignine, et d'avoir "appris" avec le temps qu'un nématode constituait une bonne source d'azote."

La plupart d'entre nous ne connaissent les champignons que sous leur forme comestible; mais ces orga-

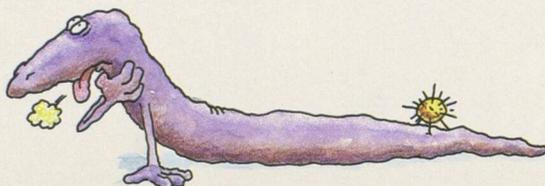
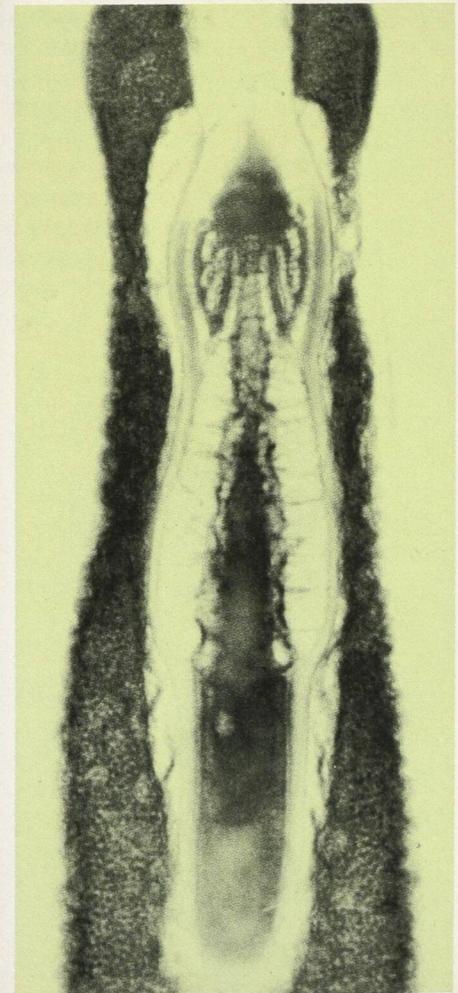


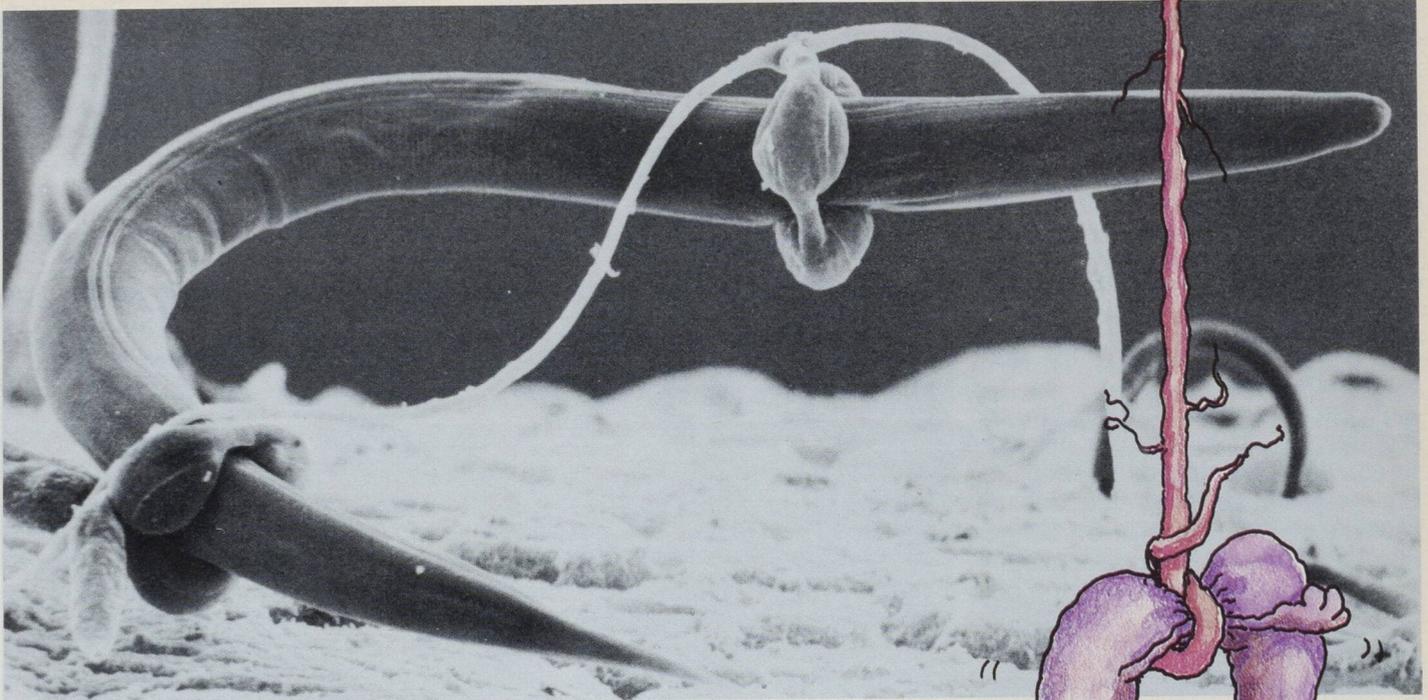
nismes sont beaucoup plus complexes qu'il n'y paraît. Chacun passe par plusieurs stades de croissance. Les champignons de nos omelettes représentent le stade reproducteur, destiné à la dispersion des spores, les équivalents fongiques des graines. Mais sous chaque champignon se dissimule une masse de filaments entrelacés, le "mycélium". C'est cette jungle modèle réduit — invisible à l'oeil nu — qui se régale de nématodes et autres espèces d'animaux microscopiques. A cette échelle comme à la nôtre, dit le Dr Barron, nous voyons que la nature est rouge sous les dents et sous les griffes.

"Par leur aptitude à capturer et à digérer les animaux microscopiques, les champignons mangeurs de nématodes ressemblent à certaines plantes carnivores comme la dionée, en beaucoup plus petit. Et effectivement, ils mènent la vie dure aux rotifères et aux nématodes. Certains

pénètrent dans la bouche de leurs victimes et s'insinue dans leur corps en tournant, comme un tire-bouchon; d'autres se fixent avec des crochets." Dans l'introduction de cet article, notre troupeau fictif de nématodes est tombé sur des champignons armés de boucles gluantes, de pièges à collets qui se déclenchent en un dixième de seconde, de corps infectieux qui se détachent et adhèrent, et de microsiringues incroyables que le Dr Barron appelle des "cellules-canon". Peu importe le mode d'infection, le résultat est le même: les spores fongiques se développent à l'intérieur des nématodes, dévorant l'animal et ses protéines riches en azote pour se reproduire.

Cette photographie d'une "cellule-canon" de *Haptoglossa mirabilis* prise au microscope à transmission électronique montre le projectile en forme de harpon reposant en son centre. Lorsqu'un nématode s'approche, l'effet de la pression osmotique propulse le projectile à travers l'épiderme épais du ver. (Photo: J. Robb, de l'Université de Guelph).





Dans mes bras! L'étreinte mortelle du champignon prédateur Arthrobotrys se referme sur un nématode. Cette photo prise au microscope à balayage électronique par G.L. Barron et N. Allin montre comment les cellules internes des boucles du champignon s'allongent par explosion, en réaction à la chaleur dégagée par le corps de la victime. Le champignon tueur injectera ensuite son propre protoplasme dans le ver, digérant celui-ci par l'intérieur.

Il appartient au Dr Barron de reconstituer ce scénario dramatique. Tel un bon détective, le chercheur est à la fois passionné et serein. Son arme du crime favorite, c'est la cellule-canon, le stade infectieux d'une espèce jusque-là inconnue de champignons *Haptoglossa*, qu'il a mise à jour en 1978. Le nom dont il a affublé sa découverte trahit la joie du détective devant la solution d'une affaire compliquée: *H. mirabilis*, "*Haptoglossa* merveilleuse"...

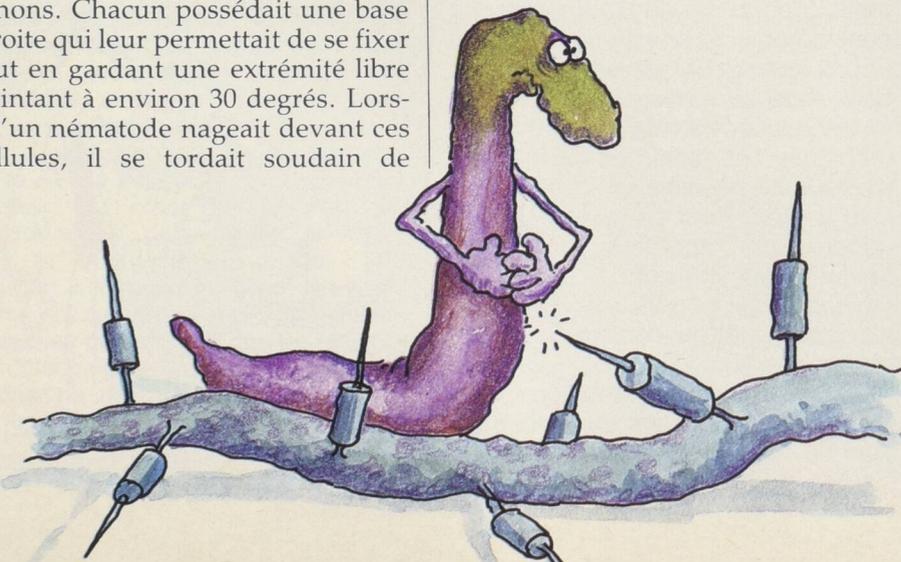
"Nous avons d'abord utilisé les nématodes comme des appâts, se souvient-il. Dans la serre, nous les laissions choir sur le sol, puis nous les récupérions. Plus tard, nous nous sommes aperçus qu'ils étaient infectés par une espèce de champignon inconnue, dont les spores ressemblaient étrangement à des canons. Chacun possédait une base étroite qui leur permettait de se fixer tout en gardant une extrémité libre pointant à environ 30 degrés. Lorsqu'un nématode nageait devant ces cellules, il se tordait soudain de

douleur comme s'il avait été atteint d'une décharge." En fait, c'est exactement ce qui se passait: "Lorsque ma collègue, le Dr Jane Robb, et moi avons examiné ces cellules au microscope, nous avons vu un projectile solide, genre harpon, reposant à l'intérieur du tube fermé et creux s'étendant jusqu'à la bouche du 'canon'. Nous pensons que lorsqu'un nématode effleure ce tube, la gâchette du canon se déclenche. La pression

osmotique propulse instantanément le projectile à travers le tube et il transperce la membrane externe du ver. Une espèce de micro-seringue est alors projetée par le trou, injectant le protoplasme de la cellule à travers le tube pour infecter la victime." La taille de ce harpon infernal? Environ un micron, soit un dix-millième de centimètre. James Bond n'aurait jamais trouvé mieux!

Les cellules-canon ne font pas mouche à tout coup. Le Dr Barron a pu photographier des cellules mortes dont les spores infectieux dépassaient toujours de l'entrée du canon: il semble que ceux-ci avaient raté leur cible. "Ce qui, dit le chercheur, signifie la mort, puisqu'ils ne peuvent se recharger et tirer de nouveau. En fait, la vie d'un prédateur n'est pas plus rose que celle de sa proie"... Une grande vérité, même pour un minuscule tueur fongique. ☾

Adaptation française: Daniel Pérusse
M. Pérusse est un journaliste indépendant de Montréal.



Lettres

Suite de la page 4

Des questions

Je vous remercie pour les renseignements fort utiles qui me sont parvenus du C.N.R.C.

Vous sauriez sans doute répondre à de nouvelles interrogations dont voici le contenu:

A) Sachant que la fibre de verre est maintenant employée pour des voitures, des bateaux, dans l'espace, etc., quelles sont les chances de réussite que vous (C.N.R.C.) donneriez à un armateur désirant construire un navire en fibre de verre (100,000 tns) remorquable, trans-océanique, semi-submersible, ayant pour vocation unique, le transport des liquides, ex. l'eau douce?

B) Le long de la ceinture de la soif, sachant que Pythagore fit couler la flotte ennemie en utilisant une technique que nous connaissons, ne serait-il pas avantageux, pour les pays qui manquent d'eau, d'installer le long de leurs côtes des instruments du même type que Pythagore mais perfectionnés par le C.N.R.C. et braqués vers la mer. Ils provoqueraient de l'évaporation et, les vents aidant, transporteraient ces vapeurs d'eau vers les terres.

C) Ces instruments ne pourraient-ils pas être utilisés pour faire fondre plus rapidement les icebergs, très difficiles à repérer sur les radars et qui causent de sérieux ennuis au trafic maritime?

D) Ne pourrait-on employer ces instruments pour percer les glaces du pôle nord ou sud? La glace fondue, retirée à l'aide d'une pompe au fur et à mesure qu'elle fond, on aurait un trou qui faciliterait la pénétration de rayons, dans des buts de recherches soit paléontologiques, archéologiques, géodésiques, etc. . . .

Souhaitant que mes idées et questions puissent être utiles à notre pays, je serais très heureux de connaître leurs réponses et valeur.

Jean Gauthier
St-Ulric (Québec)

NDLR — Les questions hypothétiques ne sont pas du ressort des chercheurs. Pour des applications comme celles que vous proposez, ils

auraient besoin, pour se prononcer, que vous leur présentiez un dossier complet et bien documenté sur la question. Dimension Science imagine très bien un lecteur qui se plonge dans la lecture et se lance dans l'exploration documentaire pour trouver réponse à ses questions et, peut-être, en cours de route, les

évalue et les reformule. Pythagore est réputé être l'auteur du théorème de l'hypoténuse et de la table de multiplication. Êtes-vous bien certain qu'il a coulé une flotte ennemie? Trouver une réponse de source sûre serait un bon commencement pour un programme personnel d'information scientifique.

Capsules

Suite de la page 5

Faire preuve de dureté

Une équipe de chercheurs du Laboratoire de recherche de l'Atlantique du CNRC, à Halifax, travaille à la mise au point de matières qui se classent parmi les plus résistantes de toutes les matières synthétiques connues. Si leur tâche est absorbante, leur objectif n'est pas de battre un record mais plutôt d'aider le pays à atteindre l'autosuffisance énergétique et de lui donner une nouvelle technologie qu'il pourra monnayer à l'étranger.

Ils utilisent des mélanges de poudres céramiques ultrafines (oxydes d'aluminium et de magnésium) qui sont comprimés, usinés et frittés pour obtenir des matériaux si durs qu'ils pourraient émousser la lame d'une scie à métaux. Ces matériaux seront utilisés pour le revêtement des injecteurs de carburant des centrales électriques qui passeront d'une alimentation au mazout à une alimentation au charbon.

Les compagnies d'électricité canadiennes (et notamment celles de la côte Est) construisaient autrefois des centrales alimentées au mazout mais, par suite de l'augmentation considérable du prix du pétrole, elles ont dû opter pour l'exploitation du charbon. Ainsi, à l'exemple de la Nouvelle-Écosse, les autres provinces maritimes ont décidé de tirer le plus d'électricité possible du charbon du Cap Breton. Pour ce faire, elles ont adopté une approche très intéressante qui consiste à utiliser un mélange de poudre de charbon, d'eau et de pétrole comme carburant liquide.

Le chauffage des chaudières des centrales thermiques exige cependant de grandes quantités de carbu-

rant et, si le mazout qui est un véritable liquide passe sans difficulté dans des injecteurs de métal à des vitesses supérieures à celle du son, il n'en va pas de même avec le mélange en question car les petites particules qui le composent et qui sont animées d'une très grande vitesse ont un effet abrasif susceptible de détruire les injecteurs en l'espace de quelques heures. Mais la résistance à l'abrasion n'est pas la seule propriété recherchée, les injecteurs devant également pouvoir résister à de très rapides changements de température qu'ils subissent quand la flamme de la chaudière s'éteint et que le carburant les refroidit. Pour cela, les chercheurs du CNRC doivent mettre à l'épreuve les divers spécimens de céramique en les soumettant à un 'choc thermique'. Ceci consiste à porter la température d'un échantillon placé dans un tube hermétique conservé sous vide à 1000°C à l'aide de fréquences radio puis à le refroidir à l'aide d'un jet d'air animé d'une vitesse de 100 m/s de façon à ce qu'il atteigne la température ambiante en quelques secondes. Malgré la rigueur de cette épreuve, on a déjà identifié quelques matériaux qui semblent capables de répondre à la tâche et, par conséquent, de contribuer à libérer le Canada de sa dépendance du pétrole.



SUZUKI



Comme tout le monde, la question de l'armement nucléaire me préoccupe beaucoup ces derniers temps et j'aimerais à ce propos soulever trois points sur lesquels je ne crois pas que l'on se soit encore penché.

(1) *Bien que de nombreux scientifiques éminents soient engagés dans des mouvements pacifistes, je n'en ai rencontré aucun qui soit prêt à admettre que les scientifiques sont probablement responsables de l'escalade insensée des armements.* Philip Morrison, qui a personnellement armé la première bombe atomique américaine, est l'un des premiers Américains à s'être rendu à Hiroshima après l'explosion et il s'oppose véhémentement à l'armement nucléaire. Cela ne l'a pas empêché de frémir d'indignation lorsque j'ai insinué que les scientifiques étaient largement responsables de ce désastre. Je maintiens ce que j'ai dit. Je ne crois pas que le concept de bombes à neutrons, de gaz de combat, de canons à particules satellisés et de lasers ait émané de l'esprit de stratèges. Ces idées sont le fruit de l'imagination de scientifiques et elles sont mises en application par des ingénieurs et des technologues, des gens qui sont souvent nos collègues et nos étudiants. Dans les universités, on exerce de fortes pressions sur les étudiants en sciences pour qu'ils ne s'intéressent qu'aux disciplines scientifiques et, ainsi, ils n'ont plus de temps à consacrer à l'étude de matières comme la philosophie, la littérature, la religion ou l'histoire. Résultat, on obtient une génération de scientifiques et d'ingénieurs qui ne connaissent pas toujours l'histoire de leur profession et qui, de ce fait, ne sont pas toujours en mesure d'entrevoir l'impact de leurs activités sur la société. Jamais, au cours de notre formation, la question de la morale scientifique et technologique et des responsabilités qui vont de pair avec les différentes professions n'a été prise en ligne de compte. Les conséquences des applications militaires et industrielles de la recherche ne posent aucun problème moral aux étudiants les plus ambitieux. Ne serait-il pas temps que les scientifiques réfléchissent au rôle que leurs confrères jouent sur le plan nucléaire? Peut-être ces considérations aboutiraient-elles à l'élaboration d'un code d'éthique qu'ils pourraient suivre.

(2) *Une autre chose qui me surprend est le niveau du débat sur l'armement nucléaire et la place que l'on y fait aux considérations personnelles et affectives.* Si vous avez déjà discuté d'une question controversée avec une personne qui ne partage pas vos opinions, vous avez pu constater que les facteurs qui déterminent les différentes prises de position ne sont pas toujours fondés sur un jugement rationnel. Les divergences

d'opinion relatives à l'armement nucléaire entre Linus Pauling et Edward Teller, qui pourtant s'appuient sur des données identiques, illustrent ce phénomène. De même, on nous reproche souvent, au cours de discussions, de réagir de façon exagérée ou de prendre les choses trop à cœur, comme si les émotions et les sentiments n'avaient pas de place dans les débats. Si toutes les questions étaient de simples problèmes mathématiques, leur solution serait évidente et sans équivoque. Mais les problèmes humains sont encombrés de considérations irrationnelles influencées par des facteurs émotifs ou culturels qui brouillent les fonctions analytiques du cerveau. Je pense que nous n'attachons pas suffisamment d'importance à cet aspect des choses. Pourtant, c'est en prenant conscience du caractère subjectif de l'homme et de l'influence de ses antécédents historiques que l'on peut comprendre la cause des conflits. C'est sous cet angle que le climat actuel de méfiance qui règne entre les deux superpuissances doit être perçu. En définitive, ce seront des individus avec leurs préjugés, leurs déformations et leurs lacunes qui joueront un rôle déterminant dans l'utilisation des armes nucléaires.

(3) *Finalement, ce que j'aimerais souligner c'est que la technologie nucléaire a atteint un tel niveau de perfectionnement, qu'elle échappe littéralement à tout contrôle humain.* Toutes les stratégies militaires en matière nucléaire sont fondées sur l'hypothèse que les stratégies défensives et offensives sont élaborées et appliquées de façon rationnelle. Or ceci est inconcevable. Voici

pourquoi: Avec le déploiement des missiles Pershing II et SS-20 en Europe centrale, les cibles se trouvent maintenant à 10 minutes des bases de lancement. Face à cette menace, près de 3 000 satellites ont dû être affectés à l'espionnage militaire. En principe, les missiles sont détectés quelques secondes après leur lancement et l'information enregistrée peut être communiquée aux autorités militaires à la vitesse de la lumière. L'Union soviétique comme les États-Unis ont déjà investi des milliards de dollars dans la fabrication de superordinateurs militaires. Mais ces ordinateurs ne sont pas infallibles. Au cours de cette dernière décennie, ceux de l'OTAN ont pris des objets volants pour des missiles plus de 150 fois. Sans doute, le système est-il plus fiable qu'il ne paraît. Le fait qu'il n'y ait pas eu de riposte nucléaire en est la preuve. Mais il n'est pas rassurant de savoir qu'il ne suffirait que d'une erreur pour prouver le contraire. Ces superordinateurs doivent en principe déterminer instantanément la nature de l'attaque et de la charge utile ainsi que les trajectoires, les cibles et l'ampleur des dégâts anticipés. Mais, ceci fait, c'est aux cerveaux humains qu'il appartient de vérifier les données, d'estimer les conséquences et de prendre une décision, et ce en moins de 10 minutes. S'il s'agit effectivement d'une attaque délibérée, il faut s'attendre à ce qu'elle ait lieu à un moment peu propice pour l'adversaire. Pourquoi pas la nuit de Noël à trois heures du matin? Est-on certain que le commandant en chef sera en pleine possession de ses moyens dès qu'il aura été tiré de son sommeil par la nouvelle, qu'il sera capable de faire abstraction de toutes les considérations d'ordre personnel pour sa sécurité, celle de sa famille, de ses biens et du reste du monde, et qu'il sera en mesure d'assimiler l'information et d'évaluer les options et les conséquences, et d'agir de la façon la plus raisonnable? Absurde! Ce simple scénario montre la futilité de toutes les planifications militaires. La technologie de l'armement nucléaire impose des contraintes et des pressions qui dépassent les capacités humaines et son contrôle échappe à l'homme. Si les stratèges ont conscience de ces réalités, ils s'en remettent probablement à l'ordinateur pour analyser les données, choisir les options et déterminer leurs conséquences pas à pas. Ils auront tôt fait d'apprendre (en moins de 10 minutes) qu'il ne reste qu'une solution à prendre avant qu'il ne soit trop tard. Mais agir face à un pareil dilemme suppose des capacités surhumaines... Accordera-t-on donc à l'ordinateur la responsabilité de prendre l'ultime décision? Ce serait admettre que la technologie échappe littéralement à notre contrôle.

Adaptation française: Annie Hlavats

Suite de la page 2

servateurs de la technologie et des sciences connexes. Nous devons raconter l'histoire du développement de la science et de la technologie dans ce pays, discuter de l'impact qu'il a sur nous présentement et essayer de comprendre ce qui va probablement se produire dans l'avenir.

Dimension Science: Votre carrière de chercheur a été fascinante et fructueuse. Est-ce à contrecœur que vous y renoncez?

McGowan: Il m'est pratiquement impossible d'y renoncer jusqu'aux derniers vestiges. Je veux continuer à m'occuper d'un petit groupe de projets, quoique je devrai abandonner certains projets de recherche passionnants actuellement en cours à Western. En fait, le résultat expérimental probablement le plus important jamais obtenu dans notre laboratoire nous a été donné juste un peu avant que je parte, au cours de la dernière année.

Dimension Science: Pouvez-vous nous expliquer cela?

McGowan: Tout le monde accepte la proposition qu'a énoncée il y a plusieurs années le savant atomiste Hans Bethe, et selon laquelle la source d'énergie du Soleil serait une réaction nucléaire. Ainsi donc, les astrophysiciens raisonnent comme suit: "Nous connaissons les dimensions du Soleil; nous avons une idée de sa densité; nous pouvons donc calculer la quantité d'énergie qui devrait s'en dégager." Mais quand nous faisons une mesure et que nous la comparons avec le résultat de nos calculs, nous découvrons que le Soleil est en fait dix fois plus froid que prévu d'après tous les calculs.

Il s'avère que le processus d'excitation par choc électronique et de recombinaison (les électrons se recombinant avec les ions dans ce plasma géant qu'est le Soleil) est le facteur limitatif de la température. Alors que la réaction nucléaire essaie de l'augmenter de plus en plus, les électrons et les ions se combinent et irradient; produisant de la lumière. Ce phénomène d'irradiation refroidit le plasma, si bien qu'il n'atteint jamais la température théorique prédite par les astrophysiciens.

Le principal processus responsable de cette perte d'énergie est un type de recombinaison dont le nom, de l'avis du Dr Gerhard Herzberg et du mien, est très mal choisi. On l'appelle recombinaison diélectronique (quelle horreur!). Il m'a fallu du temps pour deviner ce que ça pouvait bien vouloir dire, mais c'est en réalité très simple. Lorsqu'un électron s'approche d'un ion dépouillé de beaucoup de ses électrons dans un plasma chaud comme le Soleil, la probabilité qu'il soit capturé par l'ion est très faible. Comme la durée d'interaction est très courte, 10^{-15} seconde, la plupart des électrons se dispersent tout simplement.

Le processus de recombinaison diélectronique est très spécial. À certains niveaux d'énergie, un électron qui s'approche d'un ion peut exciter temporairement l'un de ses électrons intérieurs, poussant ce dernier dans un niveau d'énergie plus élevé et, ce faisant, perdant ainsi suffisamment de sa propre énergie pour se faire capturer. Le système demeure dans cet état pendant environ 10^{-12} seconde, c'est-à-dire une durée 1000 fois plus longue que la durée d'interaction normale. Cette durée est assez longue pour qu'un des électrons irradie, c'est-à-dire libère un photon, stabilisant

ainsi le système. Le terme diélectronique signifie donc que ce processus de recombinaison fait intervenir deux électrons.

La recombinaison diélectronique est le processus de recombinaison prédominant dans les étoiles et les réacteurs de fusion. C'est le principal mécanisme de perte d'énergie qui empêche nos réacteurs d'atteindre les températures élevées souhaitées. À mesure que nous les alimentons en énergie, ce processus la dissipe sous forme de photons.

L'an dernier, notre laboratoire fut le premier au monde à mesurer ce processus. Partout dans le monde, d'autres chercheurs essayaient de le mesurer, mais nous y sommes parvenus les premiers.

Dimension Science: Ce genre de travail sur les collisions atomiques a donc constitué le principal élément de vos travaux de recherche depuis vos études universitaires?

McGowan: C'est exact. C'est également le domaine de recherche que j'abandonne à l'un de mes collègues à Western qui va prendre la relève de mon laboratoire.

Par contre, ici à Ottawa, j'espère bien continuer à travailler sur les interactions des rayons X avec certains polymères et les cellules vivantes. Il s'agit là encore d'un type de collisions, si vous voulez. Dans ce cas, nous nous intéressons à deux applications principales. La première est la fabrication de microcircuits minuscules rendue possible par les très courtes longueurs d'onde des rayons X et la deuxième est la microscopie aux rayons X qui nous permet, grâce aux longueurs d'onde plus courtes, d'examiner de plus petites choses. Dans ce domaine, nous en sommes rendus au point où nous pouvons observer ce qui se passe dans les cellules vivantes. Ce que nous publierons au cours de l'année qui vient va sans doute éclipser tout ce qui existe déjà dans ce domaine.

Dimension Science: La direction d'un musée permet-elle d'éprouver ce genre d'exaltation?

McGowan: Certainement! Je me suis toujours demandé comment une personne pouvait avoir la chance, comme moi, d'être payée pour faire ce qu'elle aime tant. Je n'ai jamais travaillé dans un domaine que je n'aimais pas, et mon travail au musée ne fait pas exception.

Dimension Science: Tous ceux qui visitent ce musée ont l'air d'en ressortir complètement enchantés. Pouvez-vous nous raconter un peu de son histoire?

McGowan: Le musée a été fondé par un homme très remarquable, le Dr David Baird, en 1967. À l'époque, David était professeur de géologie à l'Université d'Ottawa. C'est une personne tenace qui ne se laisse pas décourager facilement. Parti de presque rien, il a su monter le musée dans ce qui était en réalité une ancienne boulangerie. En fait, à un certain point, le marais qui se trouvait devant le bâtiment et que l'on appelait "le lac de Baird" menaçait celui-ci, et, dans une suprême tentative pour convaincre le ministre que quelque chose devait être fait, des gens sont même allés jusqu'à se lancer en canots dans le marais.

En plus de ce bâtiment, j'assume la direction du Musée national de l'aviation, qui disposera bientôt d'un nouvel édifice d'une valeur de 20 millions de dollars présentement



Dan Gätz

en construction sur la base aérienne de Rockcliffe — un musée vivant, s'il vous plaît! Des avions en décolleront et y atterriront à tout moment. Une fois la phase II de la construction terminée, il y aura 100 avions dans le hangar géant.

Outre le Musée de l'aviation, nous avons maintenant le Musée national de l'agriculture à la Ferme expérimentale d'Agriculture Canada. Il n'a pas les mêmes dimensions que le Musée national de l'aviation. Pourtant, son conservateur m'a confié que nous possédons l'une des plus importantes collections organisées de pièces agricoles au Canada et l'une des meilleures au monde. J'ai donc espoir que nous pourrions, dans un délai raisonnable, avoir un Musée national de l'agriculture semblable à celui de l'aviation.

Là encore, ce qui fait l'intérêt du Musée de l'agriculture, c'est son caractère vivant: il est situé dans une grange qui abrite des animaux au sous-sol. Voilà ce que nous essayons de faire ressortir d'une manière générale au Musée des sciences et de la technologie: c'est animé.

Dimension Science: Quels sont vos projets pour le musée?

McGowan: Tout d'abord, je ne peux imaginer une meilleure occasion de mettre à la portée de tout le monde la technologie canadienne et les sciences connexes, et c'est ce que j'entends faire. Ce musée est sans l'ombre d'un doute de toutes les institutions du pays celle qui a le plus de chances d'atteindre ce but.

Comme je l'ai déjà dit, je veux que tout ce que nous faisons soit "vivant". Dans la section réservée à l'imprimerie, par exemple, il y a un imprimeur qui explique aux visiteurs les opérations d'imprimerie. Autre exemple: nous aurons une chaîne de fabrication de microcircuits où les visiteurs pourront voir des gens qui font ce genre de travail et leur parler.

Mes collègues et moi-même désirons que ce musée montre les technologies de pointe et permette de discuter de leur impact. Les gens redoutent les nouvelles technologies. Les jeunes ont peur qu'elles leur enlèvent des emplois. Les plus âgés disent: "Comment peut-on comprendre? Comment peut-on faire partie de ce monde moderne?" Beaucoup de nouvelles technologies sont apparues et nous devons les comprendre.

Nous avons aussi produit des programmes publics passionnants. L'un deux, "Surprises scientifiques", est prêt à aller en tournée; il s'agit d'un petit spectacle plein d'imagination pour les jeunes enfants, qui est centré sur des sujets passionnants de la science.

Dimension Science: Où sera-t-il présenté?

McGowan: Il circule déjà depuis quelque temps dans la région d'Ottawa. Mais j'espère qu'avant longtemps il deviendra un spectacle national que nous pourrions présenter partout au Canada.

Dimension Science: C'est là un problème dans notre pays. Le Canada est si grand et sa population si clairsemée que lorsqu'on centralise des institutions comme les musées à Ottawa, la majorité des Canadiens n'ont jamais l'occasion de les voir.

McGowan: Le Canada est un pays assez spécial, dans ce sens que nous ne considérons pas notre capitale nationale comme le centre culturel du pays. Aux États-Unis, tous les Américains pensent à se rendre à Washington pour voir le Smithsonian Institute, leur musée national. Les Canadiens n'ont pas encore saisi ce point. Nous ne considérons pas nos musées nationaux à Ottawa de la même façon. Pourtant, dans notre Corporation des musées, qui comprend la Galerie nationale, les Sciences et la Technologie, les Sciences naturelles et le Musée de l'Homme, je vois le meilleur complexe de musées au monde en puissance.

Mais vous me demandiez quels étaient mes projets. Je veux non seulement que ce musée soit vivant, mais aussi qu'il montre aux Canadiens l'histoire de leur science et de leur technologie. Pourquoi? Parce que les Canadiens ont un véritable complexe. Ils manquent de confiance en eux-mêmes, ainsi que dans leur science et leur technologie. Les Américains, les Européens et les Russes ont la compétence nécessaire, mais nous, au Canada, nous ne pensons pas être à la hauteur.

Ce dont les Canadiens ne se rendent pas compte, c'est que nos réalisations en science et en technologie sont de premier ordre. Le réacteur nucléaire Candu, par exemple, est sans conteste le meilleur au monde; pourtant, nous éprouvons quelques doutes à son sujet. Le fait qu'il ait été construit au Canada nous donne à penser qu'il ne peut pas être si bon que cela. Combien d'entre nous savent que dans les domaines de la technologie médicale, de l'aviation, de la commutation en télécommunication, de la technologie agricole et des satellites de télécommunications, nous sommes les chefs de file mondiaux? Nous en minimisons l'importance parce que pour une raison quelconque ça ne fait pas "canadien" de parler de nous-mêmes. Eh bien, cela doit changer, et nous devons utiliser le Musée national des sciences et de la technologie à cette fin. ☺

Canada Post	Postes Canada
Bulk Third Class	En nombre Troisième classe
K1A 0P6 Canada	

Vous changez d'adresse? Il faudrait alors nous communiquer le numéro qui se trouve en haut et à droite de l'étiquette de votre adresse postale pour que nous puissions introduire ce changement dans notre ordinateur.