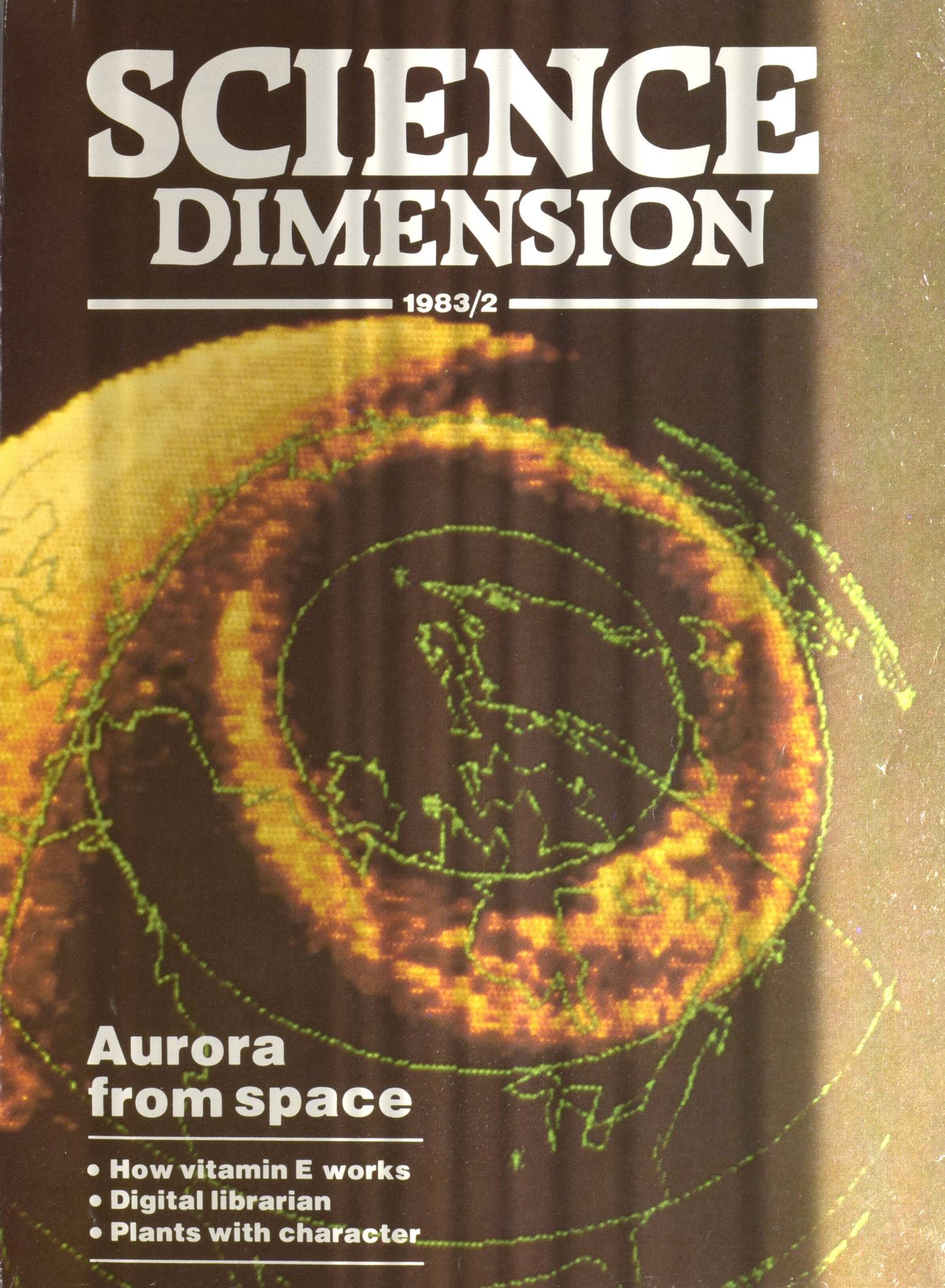


SCIENCE DIMENSION

1983/2



Aurora from space

- How vitamin E works
 - Digital librarian
 - Plants with character
-

Comment

With the publication of this second edition of *Science Dimension*, it's a good time to state again what we are, who the magazine is written for, and the nature of the enterprise we report on — science. Our science beat, as most of you know, is the research done at NRC, the research NRC supports in industry, and university science funded by the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC). Given the broad approach to science at NRC and the eclectic tastes of our university and industrial laboratories, *Science Dimension* has a scope that should appeal to all reader interests, however disparate.

During 1983, we are moving to increase the magazine's circulation. The audience of special interest to us are people in industry and students in upper high school and the universities. Our circulation list now contains relatively few in these categories but we hope to change this.

In our view, *Science Dimension* will continue to be as relevant to scientists and engineers as it is to businessmen, students, and others outside the worlds of research and development. An industrial chemist, for example, may find our stories on industrial chemistry too simple; but he or she will get a great deal out of anything we do on astronomy, building research, or seaweed farming. Scientists have trouble enough keeping up with publications in their own highly specialized fields without tackling other disciplines in depth. Hence the value of *Science Dimension* to them. We intend, therefore, to please our professional readership at the same time that we attract our new audience. For the marketplace entrepreneurs, the men and women who translate ideas into saleable products and services, *Science Dimension* will be a means of keeping abreast of developments in science, and it will treat them to stories of how research has benefitted their counterparts. For students, the young people whose career decisions will largely determine the future health of Canadian science, the magazine will serve as a window on the national science scene. Of late, shortfalls in the number of science and engineering graduates have been forecast for the mid-'80s, particularly among women who are already badly under-represented in these fields.

But our aim is more than showing science's practical value. We also hope to impart some idea of just how exciting science can be for the people who do research. It is not, as television and movies often suggest, the purview of numbers-oriented eccentrics who live dry, determined lives with little time for humor or music. A look inside any laboratory will dispel such myths. Scientists may live in worlds of bizarre glassware and abstruse machines, but these are only the surface trappings of a much deeper, richer realm. All science, not just the whiz-bang quests of planetary flybys and comet probes, is an adventure of the *mind* as much as it is mastery over matter.

When scientists examine their computer readouts or follow the trace of a recorder pen across a graph, they see well beyond the data itself to the 'paradigms' or models that give meaning to their fields. Part of their excitement lies in what the new information does to these concepts. It can verify them, or cause them to shift in ways that lead to newer, perhaps more revealing, configurations. Take the stories in this issue. There is an astrophysicist in Victoria whose tabulations take him out to distant galaxies, the very distances providing him with clues to just how old the cosmos really is. On the Prairies, a geneticist sifts data from pea plants that allow him to see more clearly the rules the living cell plays by when it juggles genes. And in Ottawa, chemists speculate on how vitamin E blocks the path of renegade particles that wreak havoc on the cell's outer membrane. The quests of science, then, are as intriguing to researchers as the most compelling of mystery novels — with the added dimension that the evidence they sift often points to universal truths.

In future issues, we will be taking you on many of these journeys of the mind. Science, like art, music, and other aspects of culture can be appreciated by *all* of us, not just scientists alone!

Editor

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*.

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

ISSN 0036-830X

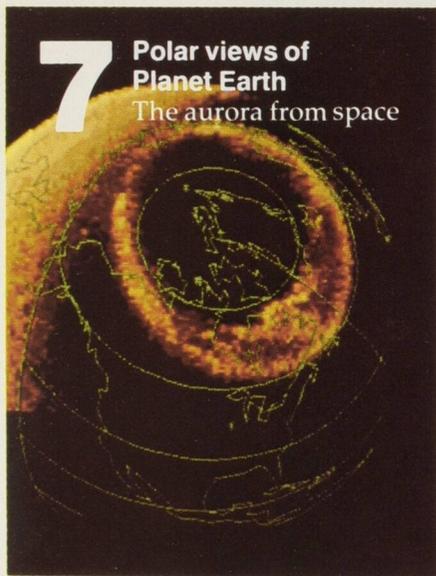
SCIENCE DIMENSION

 National Research Council Canada Conseil national de recherches Canada

Editor
Wayne Campbell
Managing Editor
Margaret Shibley Simmons
Print Coordinator
Robert Rickerd
Photographer
Bruce Kane
Design
Acart Graphic Services Inc.

Printed in Canada by
Beauregard Press Ltd.

31159-2-1019

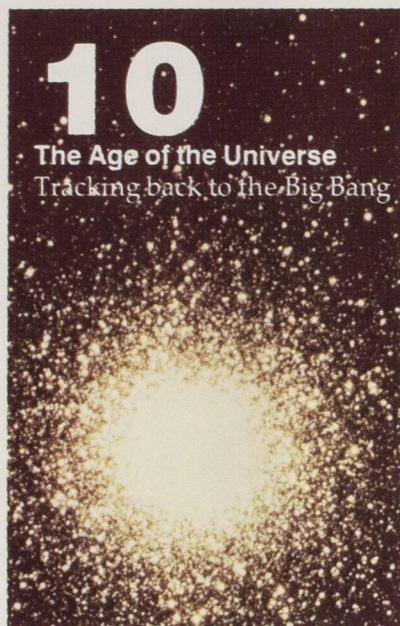


L.A. Frank, J.D. Craven

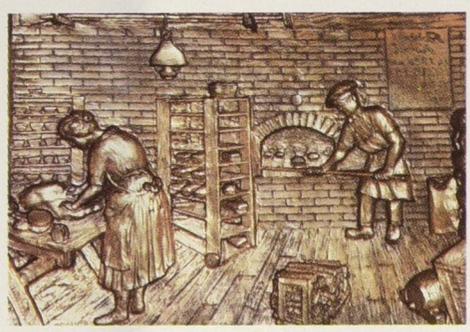
COVER

The shimmering veils of the northern lights look somewhat different from 25 000 km above the North Pole, particularly when the camera is "seeing" ultraviolet light. This view of the circular aurora, offset by the planet's dayside disc, is just one of several striking photographs taken by the special cameras aboard the satellite Dynamics Explorer 1. A map has been superimposed on the photograph to indicate the landforms on the planet's nightside. See the story "Polar views of Planet Earth" on page 7.

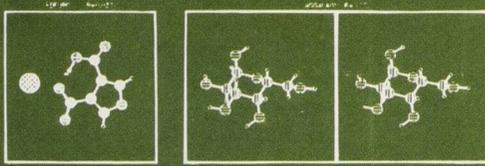
10
The Age of the Universe
Tracking back to the Big Bang



18
From wood carving to electroplating
Helping small business in Quebec



20 **A farewell to drudgery**
The digital librarian



25
Quenching a chain reaction
How vitamin E works



28
Building character in Prairie plants
... new tools to measure unseen traits



NEWS

The Herzberg Award

University of Western Ontario professor John Brand is the recipient of the 1982 Herzberg Award in spectroscopy. Named after NRC scientist Gerhard Herzberg, winner of the 1971 Nobel Prize in chemistry, the award is given annually by the Spectroscopy Society of Canada as its senior distinction.

Brand's citation referred to his "distinguished contributions" to how electrons arrange themselves when their atoms combine into molecules, and to what types of light these electrons emit when in states of higher energy. He has also been a pioneer in applying lasers to spectroscopy, which provides "very specific measurements" of the phenomena involved.

Brand was elected a Fellow of the Royal Society of Canada in 1978. He has authored more than a hundred publications, as well as the test *Molecular Structure*.

Newfoundland marine labs

One of the world's largest and most modern marine research laboratories is being built at St. John's, Newfoundland. The latest addition to the NRC family of laboratories, the Arctic Vessel and Marine Research Institute (AVMRI), or, as it is commonly dubbed, AVE MARIA) will become part of the Memorial University campus in 1985.

The Institute will provide the Canadian marine industry with the very latest facilities for studying the problems of navigation and other operations in cold waters. It will have computers to analyze navigation conditions in ice-covered waters, computerized machine tools to automatically build scaled-down models of large ships, and large tanks to do realistic tests on such models (including the world's largest tank, 89 m x 12 m x 3 m, for tests in ice-covered waters).

The choice of St. John's for the Institute site was not a matter of chance; the city has been an important maritime centre for hundreds of

years, and a home base for many fishing fleets operating in North Atlantic waters. In recent years, it has also become the base for launching intensive oil explorations off the shores of Newfoundland, a hostile, dangerous environment where the drilling rig *Ocean Ranger* sank last year. Many firms working in marine engineering, or associated with the specialized resources of Memorial University, are now established in St. John's, and Memorial University is fast becoming a major training centre for engineers in marine technology.

In a few years, AVE MARIA will have more than one hundred scientists and technicians employed in the study of marine engineering problems.



Windmills under water

Last August, Canada's first vertical-axis hydraulic turbine began turning in the St. Lawrence River near Cornwall, Ontario. The design concept was simple. If these egg-beater shaped wind generators can be driven successfully by the wind, then why not by running water as well?

The St. Lawrence prototype, measuring 2.4 m in diameter and producing 20 kW of power, was built by Nova Energy Ltd. of Dartmouth, Nova Scotia, for the National Research Council. Called a "turbodyne generator" by its inventor, Barry Davis of

Nova Energy Ltd., the system is surprisingly simple: a turbine with three vertical blades which rotate at almost 30 rpm in the current; a gearbox; and a generator. The system is moored to a floating platform with two pontoons, and two guide vanes focus the current onto the turbine for increased power. Prior to the St. Lawrence project, the turbine underwent a series of 'indoor' tests in a specially designed tank at NRC's Hydraulics Laboratory.

This kind of hydraulic turbine offers a number of advantages over conventional hydroelectric systems. The laboratory-tested design has an efficiency of about 60 per cent, costs are comparatively low, and it is portable. Further, there is little effect on the environment.

As in any move from the laboratory to field tests, there were a number of unforeseen difficulties. For example, when the turbine was set up in the St. Lawrence River one of the anchors moved, and the turbine drifted into the slower currents close to shore, lowering part of the electricity. Mooring the system in strong currents turned out to be a greater problem than anticipated.

The Cornwall area was chosen for the first tests because of certain system requirements. A current of at least 1.5 m/s was needed, and the stream had to be 3 m deep. The site had to be readily accessible for easy maintenance, and it had to be near a power grid, in this case Saint Lawrence Power, a private company serving the Cornwall area. Nova Energy Ltd. and NRC are planning two other series of field tests, one in British Columbia and the other in the Maritimes during the next two years. The first indications are that these new hydraulic turbines will play a part in our energy future.

NSERC's Steacie Awards

Commemorating a former president of NRC, the E.W.R. Steacie Memorial Fellowships each year pay the salaries of four young Canadian researchers while they devote up to two years

to full-time research. The Steacie Awards are given by the Natural Sciences and Engineering Research Council. The 1983 Steacie Fellows are:

Dr. Kamilo Feher, Professor of Electrical Engineering at the University of Ottawa. A communications expert and a consultant to numerous Canadian and foreign organizations, Professor Feher has assembled Canada's most active laboratory on satellite and microwave communications.

Dr. Noël James, Professor of Geology at Memorial University in Newfoundland, examines carbonate deposits in the Appalachian Mountains, Western Newfoundland, and (using special submarines) deep beneath the sea. These deposits yield valuable clues to the locations of minerals and crude oil.

Dr. Geraldine Kenny-Wallace, Professor of Chemistry and Physics at the University of Toronto, studies molecular reactions in liquids. Her work, involving timespans in the picosecond (0.000 000 000 001 s) range, could lead to applications in optics, microelectronics, and communications.

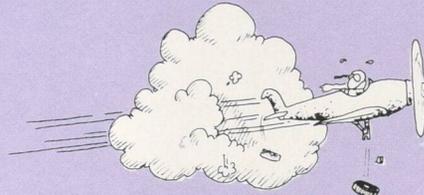
Dr. Janet Rossant, Associate Professor of Biological Sciences at Brock University and Associate Professor of Pathology at McMaster University, specializes in the interactions between a foetus and its mother. Her work could lead to new contraceptives, better infertility treatments, and corrections of genetic disorders before birth.



From left to right, Dr. Noël P. James, Mrs. E.W.R. Steacie, Dr. Janet Rossant, Dr. Kamilo Feher, Dr. Geraldine A. Kenney-Wallace.

Corrosive clouds

The NRC sponsored a gathering of nearly 200 North American atmospheric scientists in Ottawa last September, the first symposium on this continent aimed at evaluating



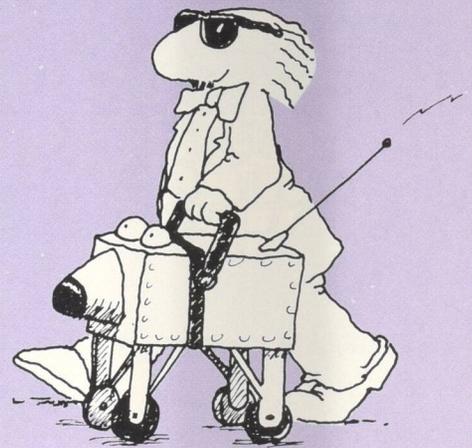
current methods to gauge the effects of acid rain. The Canadian meeting, like the one held earlier in Stockholm, Sweden, pointed up the global impact industrial pollutants have on distant environments. The threat is clear, but the solution to the problem remains vague. More information must be gathered and weighed before industrial pollutants can be effectively regulated.

Not too many years ago, smelting and other major polluting sectors of industry spent a lot of money to reduce environmental hazards in their own backyards by building tall exhaust stacks to dispel toxic gases and particles. In other words, they were transferring their pollutants downwind to someone else's locale. This technique is bad enough within a country, but it creates an international problem when the winds take these substances across borders into other countries. Canada and the United States together release more than 30 million tons of sulfur oxides each year into their shared atmosphere. Mixed with rain and snow, these pollutants descend on forests and lakes, hampering tree growth and killing fish. Sudbury's smelter stack may be the tallest and most notorious in the world, but two-thirds of Canada's acid rain arrives here from America's Ohio Valley industries. Both nations want to reduce pollution, but removing air-borne corrosives is costly and proposed solutions will have to be proven effective. Because information is incomplete and inconsistent, concrete programs have not been developed.

Widespread concern about acid rain has led to a diversity of methods of collection and reporting. Industry, government, and universities all have created loosely interacting monitoring networks, each asking their own questions. The Ottawa symposium's strongest recommendation was the creation of a national network with standards of operation that would enable researchers and regulators to

assess their findings along uniform lines. Data collection centres, operator training, and quality control were among the many issues urged by the delegates. According to one of the working groups at the meeting, those needing the information are not yet clear on *what* they wish to know.

If North America's lakes and forests are to recover from annual deluge of acidic rain- and snow-fall, standardization must begin soon. With more than a dozen networks existing in Canada, the group urged the creation of a quality assurance program that could be in place by the summer of 1983. NRC's active participation was urged to help create the appropriate scientific atmosphere and as the most likely agency to create ties with universities, government, and other international agencies.



Seeing-eye computer

A group headed by Dr. Alan Mackworth has begun to operate a Laboratory for Computational Vision at the University of British Columbia. Mackworth and his colleagues represent many disciplines, including computer science, forestry, astronomy, and pathology. Purpose of the new centre: using computers to duplicate and extend the human brain's ability to interpret visual data.

Helped by a \$400 000 start-up grant from the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC), the UBC group has already installed new hardware and is now working on software — the formal procedures computers follow to do their work. One new program, called MAPSEE, helps the computer system recognize map features such as rivers, bridges, shorelines, and roads. Ac-

According to Mackworth, the best way for machines to do this often makes good human sense as well — showing how closely computers may approximate the way our own brains solve problems. Example: MAPSEE 'knows' that although both roads and rivers appear as lines, roads pass over rivers at bridges; rivers must connect shorelines to lakes; and roads exist in networks connecting towns.

Astronomers also use the UBC facility to create sky maps out of digital data from one or more radio telescopes. A group directed by Dr. Bob Woodham is examining visual approaches to forest inventories, and geographers and oceanographers have a powerful new aid to resources management and pollution control.



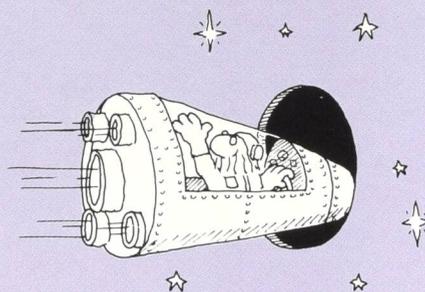
TRIUMF over cancer

TRIUMF, a giant cyclotron in Vancouver which NRC supports, is now producing a different kind of radiation for use against cancer. A beam of tiny sub-nuclear particles called pions, TRIUMF scientists hope, will deliver more cancer-killing energy to deep tumour sites than conventional irradiation can.

Cancer cells cause damage by their unchecked replication, which also makes them more vulnerable than normal cells to any radiation harmful to the genetic material DNA. Standard therapeutic isotopes like cobalt-60 bathe both tumours and surrounding, healthy tissues with fast-moving particles, the idea being that the more reproductively active tumour cells will suffer more. But these treatments deposit most of their energy in the first few centimetres of penetrated tissue, and are thus less effective against deep tumour sites. Raising doses to kill more cancer cells scorches healthy tissue; lowering doses to save healthy

tissue hurts the cancer less. This tradeoff is critical in areas like the pelvis and brain.

The pions produced by the Vancouver particle accelerator, however, have a 'depth-charge effect' — they travel through the intervening normal cells between beam source and tumour with little disruption, saving their full force for the tumour itself. This effect relies on the pions' unique properties. First, they travel at a respectable fraction of the speed of light. Second, their stable lifetime is so short that at these 'relativistic' speeds they go only a few metres from their origin to a point where they interact with surrounding matter. This point is known with great accuracy, so that a carefully positioned patient will have his or her tumour precisely where the pions cause most havoc. Finally, the damage the pions cause at the end of their brief lifetime is much greater than equivalent damage from cobalt-60 beam. Dr. Gabriel Lam, the scientist in charge of the pion-irradiation project, compares the cobalt particles to "a razor — but the pions are like hand grenades."



Strong candidate

Astronomers David Crampton and John Hutchings of NRC's Dominion Astrophysical Observatory, and their American colleague Anne Cowley of the University of Michigan, have found the strongest candidate yet for a "black hole." These bizarre objects, which theory predicts when a massive star collapses, would themselves be invisible — even light would not escape their gravitational fields. But a black hole still might suck in matter from a neighbour star, become a spectacular dynamo, and betray its position by emitting X-rays.

Because Earth's atmosphere filters out these telltale X-rays, the NRC-American group had first to study satellite-pinpointed X-ray emitters.

Then they used the 4 m reflecting telescope of the Cerro Tololo Observatory in Chile to search for "optical counterparts" — visible objects coinciding with X-ray sources' positions. One source, LMC X-3, coincided with a massive, hot, but normal star in the Large Magellanic Cloud, a small galaxy orbiting our own Milky Way.

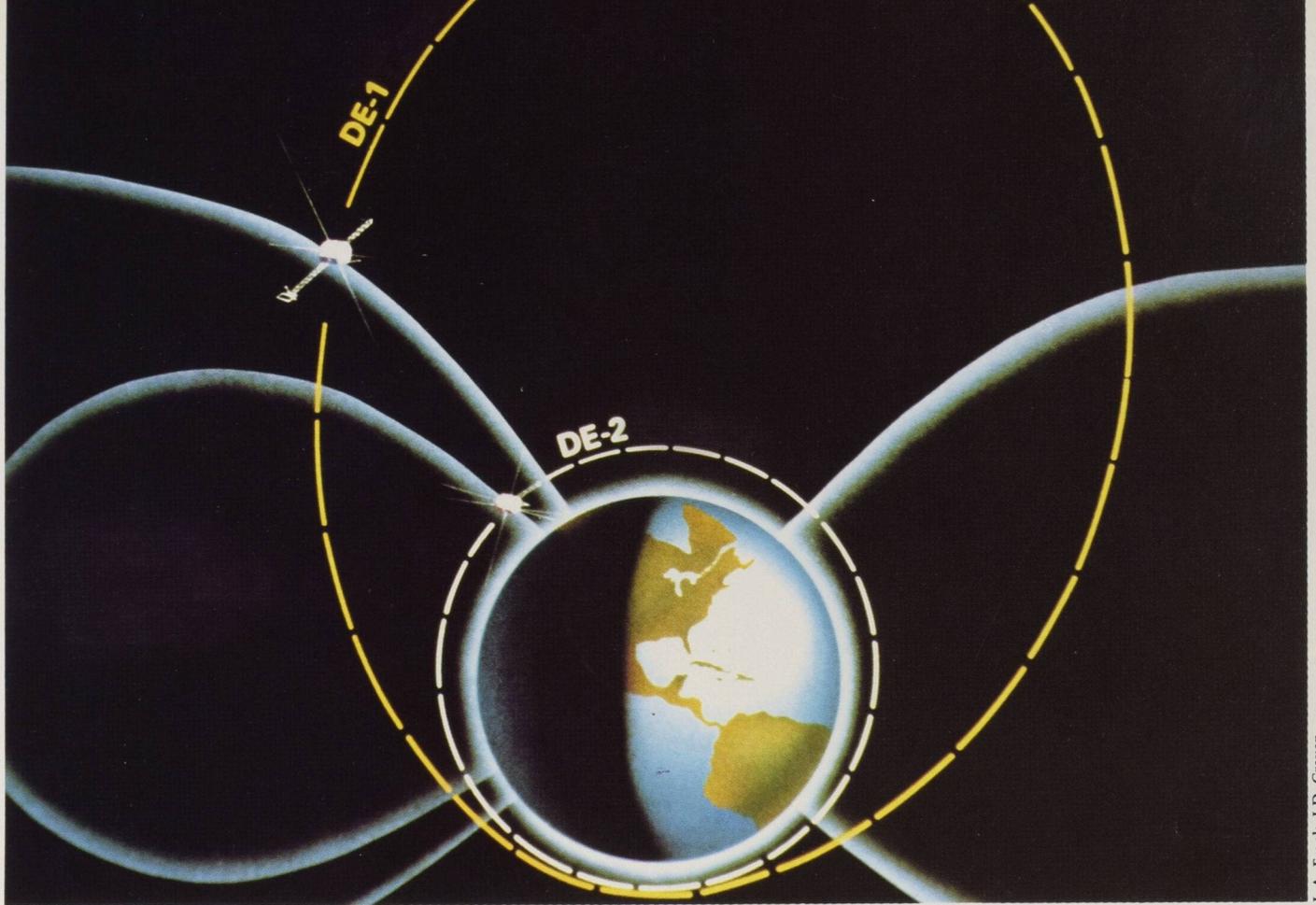
After observing that the invisible X-ray source orbited this optical companion every 41 h, the astronomers calculated that LMC X-3 had to be at least ten times the mass of our sun. This makes it far too large to be a neutron star, the only other possible source of its X-rays. Only one other object meet similar criteria: Cygnus X-1, discovered in our own galaxy more than a decade ago. Both objects are almost certainly black holes.

Once a decade

If your home's wood cladding has a clear coating, chances are you'll have to refinish it five times over the next twenty years. These odds will improve 50 per cent, however, if a new coating developed at the National Research Council hits the market. The finish will last half again as long as the most durable phenolic varnish now available. That should save the average homeowner one complete exterior refinishing every ten years.

H.E. Ashton and his colleagues at NRC's Division of Building Research began their work on clear finishes by coating standard samples of wood with different commercial finishes, then monitoring them as they weathered outside. During these tests, Ashton's group also examined properties of finish components in the laboratory. Their goal was an improved coating: flexible, strong, unlikely to absorb water, and opaque to the ultraviolet light that makes a finish peel away. The new coating provides an optimum balance of all these properties. Accelerated weathering tests show the new formula should extend the average time between recoatings from the current figure of four years, to six.

NRC is now negotiating with the two largest Canadian-owned paint companies for licensing rights to the longer-lasting finish, which may reach the market within the year.



L.A. Frank, J.D. Craven

Polar views of Planet Earth

by Michel Brochu

In August, 1981, NASA launched the satellite Dynamics Explorer 1 into a polar orbit equipped with three cameras especially built to view the Northern Lights. At heights of over 25 000 km above the North Pole, they returned these remarkable pictures, which were shown recently to an NRC audience by Dr. L.A. Frank, head of the University of Iowa team that designed the cameras.

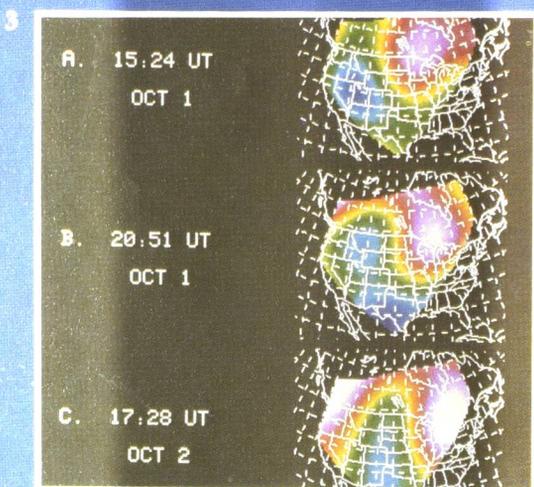
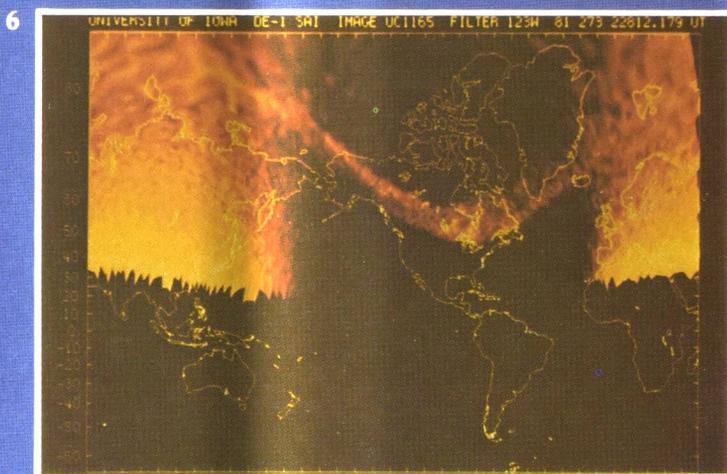
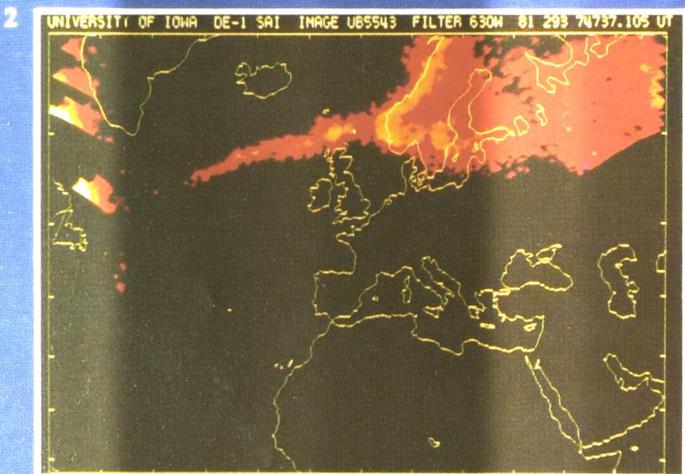
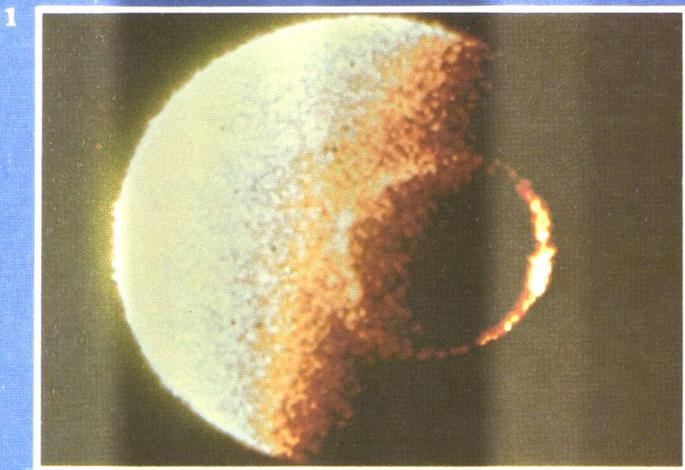
The unique feature of the Iowa team's cameras is their ability to photograph the very faint light of the aurora borealis without being blinded by the million-times-brighter dayside of the Earth (you experience the same blinding effect looking into a car's high-beam lights at night). The satellite cameras are protected from the intense light by scanning only thin lines of the planetary

image as the craft rotates, and building adjacent line scans into complete pictures. The system also comes with an electronic device that admits fainter light sources like the aurora but cuts out light over a threshold intensity.

Two of the cameras are equipped to take pictures in colours visible to the human eye, and a third photographs in ultraviolet "colours" outside this range. All photos but Figure 4 are taken in ultraviolet light and rendered as false-colour images.

Along with the camera-carrying satellite, another one, Dynamics Explorer 2, was also sent aloft, but into a much lower orbit to observe electrical disturbances and other phenomena in the planet's upper atmosphere. The satellites are part of a long-term study of how the

Dynamics Explorer 1 was placed in a very elliptical polar orbit with a high point some 25 000 km over the North Pole. This allowed the satellite cameras and other instruments to observe solar phenomena for up to five hours at a time. In the past 20 months, the high point of the orbit has shifted steadily southward and is now over the South Pole, allowing the observation of aurora australis, the southern equivalent of our Northern Lights. A companion satellite, Dynamics Explorer 2, was placed in a much lower, nearly circular orbit, to observe electric disturbances and other phenomena in the upper atmosphere.

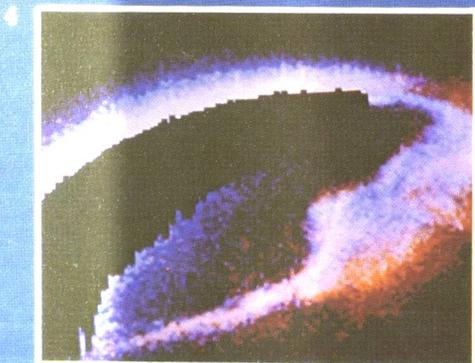


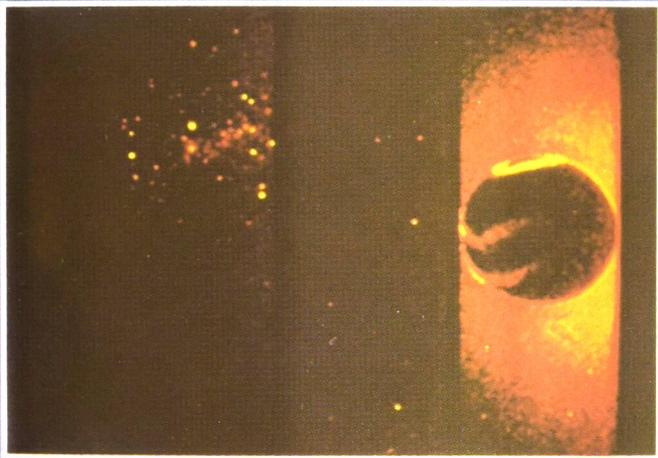
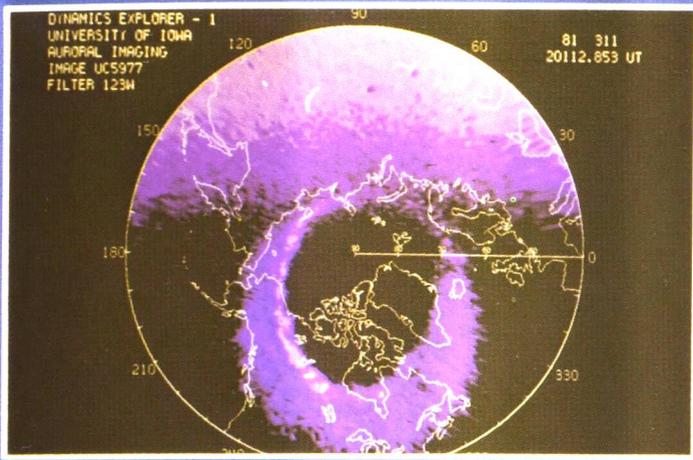
1 — No, this isn't the Death Star from the movie STAR WARS, but a dramatic view of the aurora borealis taken by satellite camera high above the North Pole. This ultraviolet image is one of the first pictures of an entire auroral oval ever taken. While most people see only small sections of auroras, in the shape of beautiful veils of light dancing in the northern sky, only recently has the true shape been revealed — a huge oval, girdling the North Pole and stretching typically from Siberia to Canada.

2 — In this false-colour picture of the same aurora shown in Figure 4, taken at the (red) wavelength of atomic oxygen, intensities are colour-coded with the most intense emissions shown in orange. Alignment of the most intense part of the aurora with the coast of Norway is particularly evident in this computer-processed Mercator projection (the cartographical system commonly used in world maps).

3 — Measuring the global distribution of ozone over the United States and Canada. While much "number crunching" of the raw data is required, the principle is relatively simple: solar ultraviolet radiation scattered from the dayside hemisphere of the Earth is photographed at two ultraviolet wavelengths, one of which is strongly attenuated by the atmospheric ozone layer. A comparison of the intensity of ultraviolet light reflected at the two wavelengths allows scientists to reconstruct an "ozone weather map." Blue indicates low ozone concentrations with progressively larger amounts shown as green, yellow, red, pink, and then white. In this sequence of three pictures, stretching over a day, an ozone "high" is seen to move from Minnesota to eastern Canada.

4 — This intriguing photograph taken on October 20, 1981, shows the auroral arc extending across the Atlantic and turning abruptly northward to follow the coast of Norway. Scientists don't know yet if this alignment of an aurora with a coastline is just a coincidence or a meaningful effect.





L.A. Frank, J.D. Craven

5 — Only the smile remains. A pattern of auroral emissions which evokes the smile of the vanishing Cheshire cat in Lewis Carroll's *Alice's Adventures in Wonderland*. Compare this picture of an aurora, under "quiet sun" conditions, with the solar storm aurora of the cover.

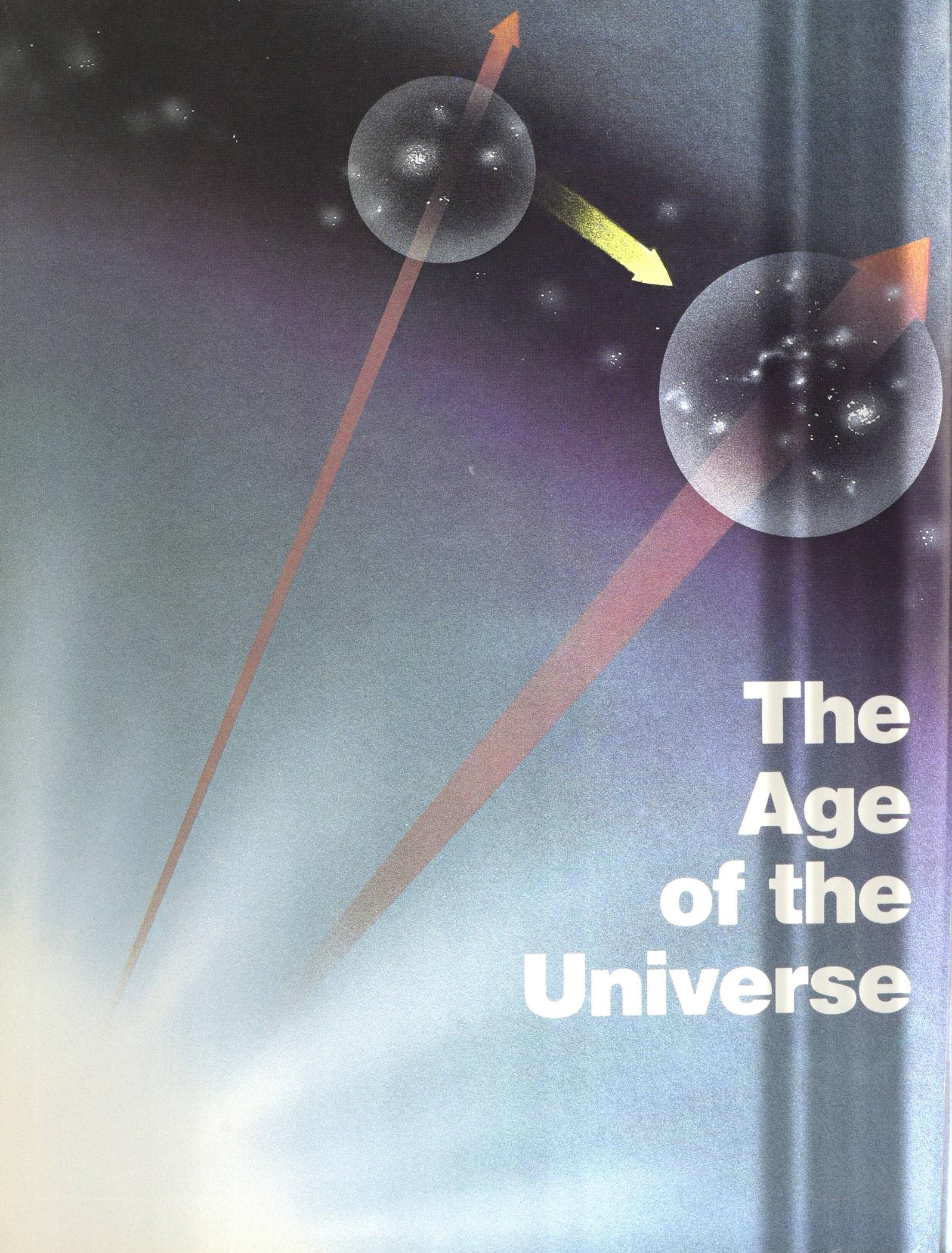
6 — On the night of September 30, 1981, an intense auroral storm covered most of southern Canada and was photographed in ultraviolet light by the Dynamics Explorer satellite. On this Mercator projection map, the Sun is rising over western Europe and setting in eastern Siberia. Because the photograph was taken at ultraviolet wavelengths, background ultraviolet light reflected from the ground was strongly absorbed by the atmosphere and did not overwhelm the faint light emitted by an aura.

7 — An intense auroral storm, extending over most of Canada and Alaska on November 7, 1981. It is daytime in the USSR (top) and midnight at the longitude of Lake Superior. The width of this aurora extends from Chicago to the upper portion of Hudson Bay, a distance of about 2 100 km. Photographed in ultraviolet light.

8 — A triptych, showing some of the spectacular Earth features photographed in ultraviolet light by the Dynamics Explorer cameras. These include an aurora borealis, which crowns the Earth in the right hand panel, many ultraviolet stars on the left, and the planet's orange-red geocorona. The geocorona is caused by a "cloud" of atomic hydrogen which scatters solar ultraviolet radiation. Obtained February 16, 1982.

charged particles streaming from the sun (the solar wind) interact with the region of space influenced by the Earth's magnetic field. Scientists now believe that the wind and the magnetic field act like a huge electrical generator (with a power output nine times the electrical consumption of the United States) and that the aurora is a visible effect of the electrical discharge given off by this power system. Dynamics Explorer 1 turned its ultraviolet eye on other things besides the Northern Lights, however, as this selected mini-album shows. It also recorded the vast cloud of hydrogen gas that surrounds the planet, and the upper atmosphere's ozone layer that shields us from some of the harder radiation of space.

Ultraviolet pictures aren't the only data that Dynamics Explorer 1 is designed to collect on its trip around the planetary poles. There are six experimental packages aboard the spacecraft in all. One of these, an ion mass spectrometer, is of special interest to NRC space scientists Drs. Brian Whalen and Andrew Yau. The two scientists, working at the Herzberg Institute of Astrophysics in Ottawa, are part of an American-Canadian group investigating the composition of the energetic ions that make up the "plasma" filling space near Earth. The path of DE-1 moves through regions previously untravelled by most satellites. This gives the NASA-led team an excellent opportunity to study the dynamic electrical processes taking place over the Earth's high latitudes. More about this in a later issue of *Science Dimension*.

The background of the image is a dark, deep blue and purple gradient, representing the cosmic microwave background. It is filled with numerous small, bright white and yellow stars. Two large, glowing spheres are positioned in the upper half of the frame. The sphere on the left is smaller and has a reddish-orange hue. The sphere on the right is larger and has a yellowish-green hue. Both spheres are surrounded by a soft, glowing aura. Several long, thin, glowing arrows of various colors (red, orange, yellow, green) point in different directions across the sky, suggesting the expansion of the universe or the paths of galaxies. The overall composition is dynamic and evocative of the vastness of space.

The Age of the Universe

Tracking back to the Big Bang

by David Peat



Dr. Sydney van den Bergh before the dome of the 1.8 m reflector near Victoria, B.C. This instrument was the most powerful in existence at its completion in 1918, and has since helped corroborate the link between celestial distance and recession speed known as Hubble's Law.

With every second, space "grows" between the clusters of galaxies in the universe: matter is thinning out. The red arrow in this schematic diagram is a "timeline," representing neither position nor direction but the flow of time. At present, galaxies are separated by enormous distances and tend to recede from one another more and more. Projecting this "Hubble expansion" backward, astronomers derive a time, from ten to twenty billion years ago, when everything in the universe was crushed into a "singularity" of infinite density and zero size. Then, this primordial particle began to thin out — a process called the "Big Bang." Our own galaxy is now farther from its neighbours, on average, than ever before, but not so far as it will come to be. Yet this is only an average: gravity (yellow arrow) pulls the Milky Way towards the massive, neighbouring Virgo Cluster and blurs the Hubble expansion's effects. Sidney van den Bergh's recalculation of the Hubble constant depended on knowing this "net proper motion" of ours toward Virgo with greater accuracy than ever before.

Dr. F. David Peat is a freelance writer working out of Ottawa.

An astronomer at NRC's Dominion Astrophysical Observatory in Victoria, B.C., aroused considerable interest among his colleagues recently when he published a paper on a fundamental astronomical value called the Hubble constant. What attracted attention beyond astronomy, however, was the other information that could be derived from this constant. Among other things, it can be used to estimate the age of the Universe. Dr. Sidney van den Bergh's Hubble value, which puts this age at the upper (older) end of the range of current estimates, takes into account the influence of a nearby cluster of galaxies on the movement of our own Milky Way galaxy. As the Universe expands, and our galaxy proceeds outward, we are also "falling" towards the huge Virgo cluster of galaxies, and this velocity parameter is crucial to a realistic Hubble constant value.

To understand what the Hubble constant is and how it is related to the age of the Universe, we need to retrace some astronomical history and consider how astronomers have arrived at their current knowledge of distance, size, and time as it applies to the objects in the night sky. Early in the century, Vesto Slipher of Arizona's Lowell Observatory discovered that the light emitted from what were then known as "spiral nebulae" exhibited some peculiarities. When he examined the light spectrum from these objects (i.e. the spreading out of the component colors; the rainbow created by passing sunlight through a prism is a familiar example), certain lines that characterized well-known atomic elements were not where they should have been. Instead, they were for the most part shifted towards the red end of the light spectrum.

Astronomers trying to interpret these observations soon realized that the shifted lines were due to what physicists called the Doppler Effect. This effect is heard in the sound of a train whistle; an approaching train's sound is "compressed," giving it a high pitch, while the whistle from a receding train is "stretched," lowering the pitch. Interpreting the Slipher observations as a Doppler shift (a

well-established fact today) meant that most of the nebulae were in the same category as the receding train. They were moving away from us.

Edwin Powell Hubble was the astronomer who made the most important discovery concerning the red-shift observations. In the early 1930's, he discovered that there was a relationship between this red shift and the distance of an object from Earth. The further a nebula was away from us in space, the faster it was receding. Furthermore, Hubble found that this distance-to-velocity ratio was constant regardless of what nebula was observed or how far away it was. This constant figure, which Hubble simply referred to as "k" in his publications, is now called H_0 for the Hubble constant. Algebraically, this is written as $V = H_0 D$, in which V is the observed velocity of recession, and D is the distance. The implications of Hubble's work became more apparent when bigger and better telescopes began to resolve the structures of the red-shifted nebulae. They were shown to be not agglomerations of dust or stars within our galaxy, but themselves separate galaxies like our own Milky Way. And there seemed to be no end to them. Galaxies existed in uncounted millions, as numerous as cells in our bodies, as stars within a single galaxy. And the distances! There was no way people could imagine them. The galaxies crossed the void in clusters, and the clusters combined in superclusters. Each starry island could contain two hundred billion suns.

This knowledge, in conjunction with Hubble's observations, suggested that the Universe of great galactic star systems was expanding; everything in space was steadily getting more distant from everything else. This, and the fact that Einstein's equations could be interpreted as a description of an expanding Universe, established cosmology as a science, and led ultimately to theories of cosmic origins.

Before we consider how Hubble's constant is measured and the way in which the Dominion Astrophysical Observatory has contributed to its new value, it is important to understand how this constant and the red shift are related to the currently

accepted theory describing the origins of the Universe. Cosmologists now believe that the Universe began as a "Big Bang" from a minute but immensely energetic fireball. Within the first seconds of the formation of this fireball, the stuff of the Universe was created in a state of expansion. Ten trillion trillionths of a second after the singularity became unstable, all that now is — potential trees and oceans, matter and antimatter, stars and superclusters — occupied a Universe no larger than an electron. That was all that was there was.

In a simple image, the Universe can be pictured as an inflating balloon with stars and galaxies scattered over its surface. The galaxies themselves remain at rest on the balloon's surface (in space) but, at the same time, they move farther and farther apart from each other as space expands. Therefore, according to the Big Bang idea, the Universe has no centre and no edge.

The nature of the red shift and Hubble's equation are apparent when the balloon metaphor is considered. Distant galaxies are so far away that their light takes from tens



Hale Observatories

Nothing existed but that electron-cosmos: not even space.

But the Big Bang was not like a normal explosion in which pieces of matter fly out from a central point. According to the theory, it is space itself which expands and carries matter with it. The Big Bang, therefore, has no point of origin in space but is, paradoxically, everywhere. Even the Void is in a sense an artifact, one growing all the time.

The Great Galaxy in the constellation Andromeda, part of a cluster of galactic neighbours of our own Milky Way known as the Local Group. This is what our galaxy may look like from the outside: hundreds of billions of suns in a multi-armed swirl tens of thousands of light years across.

Hale Observatories

Edwin Hubble's observations confirmed a prediction of the Theory of General Relativity which so astounded Einstein he juggled his mathematics to erase it. Yet it was true — the cosmos was expanding; and Einstein called his balking at his own prediction "the most serious blunder of my life." Hubble, here shown in later life, helped establish not only the theory of the expanding universe, but also the system of classifying galaxies which still remains in use.

of millions to billions of years to reach us. This light, which is picked up by the astronomer's telescope, therefore left its source at a time when the Universe was smaller than it is today. During the intervening time the light passed through space which was constantly expanding, and therefore became "stretched





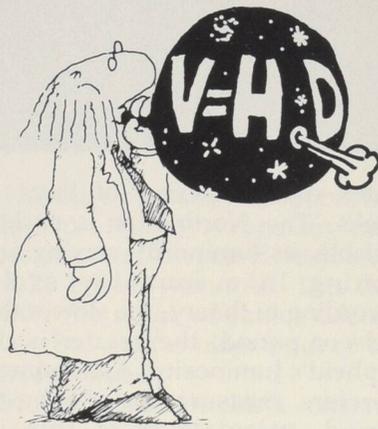
Hale Observatories

out." Such stretching of the light waves resulted in a redder color.

The fact that Hubble's observations indicate that galactic velocities are directly related to their distances away from us can thus be explained if we consider the expanding balloon analogy. No matter what galaxy an observer happens to be on, the galaxies furthest away on the balloon surface will be moving away the fastest.

One of the most important consequences of this Big Bang – balloon analogy is the possibility of working backwards from the state of the Universe today and calculating the time it has taken to expand from the start position. By simply taking the distance between ourselves and a receding galaxy and dividing it by the galaxy's velocity, we get the time that has elapsed since the two galaxies were "touching." This is the time since the Big Bang — the age of the Universe. But the value, calculated as the reciprocal of the Hubble constant ($1/H_0$), is valid *only* if H has

Astronomers use progressively larger "yardsticks" to gauge celestial distances. This is one of them: a globular star-cluster, of a type orbiting our own and other galaxies. Recent work by Robert McClure of NRC established the distance from Earth to a cluster called the Hyades, revising its range from 130 to 165 light years.



remained unchanged since the Universe began its existence. Because there are other ways of determining the age, this particular value is referred to as the "expansion" or "Hubble" time.

Astronomers would very much like to know if the Hubble parameter is in fact constant, or if it changes with time. If it is constant, then the Universe expands at a uniform rate, presumably forever. If the Universe is slowing in its expansion, however, this should show up as a change in the value of H_0 . In the future, careful observations of very distant galaxies (the light of which started its journey at a much earlier time) may tell us whether or not H_0

A thousand galaxies, a trillion suns: the mighty Coma Cluster is but one part of a supercluster of 2500 galaxies.

is changing with time. If a slowdown is occurring, cosmologists think, then the expansion may stop and even reverse. In such a case the fate of the Universe might be to contract back to another fireball and a second Big Bang creation. A careful study of Hubble's constant may tell cosmologists which fate awaits our Universe.

Hubble's constant is therefore of prime importance, but in Dr. van den Bergh's words its determination is "one of the most difficult problems in astronomy." The red shifts themselves are not difficult to measure; you simply attach a spectroscope to the observatory's telescope, expose a photographic plate, and measure the spectral shifts. Such data provide the velocity figures for the Hubble equation. The major problem, however, arises in determining the distances of the various astronomical objects. With the exception of the closest stars, these distances cannot be measured directly and a number of deductions and hypotheses must be made which, unfortunately, do not always agree among themselves. Once these distance numbers have been obtained, they are simply inserted along with the inferred recessional velocity into Hubble's equation and the value of H_0 is calculated.

What Dr. van den Bergh has done is investigate the different assumptions made in deducing such distances, compare and evaluate the various values of H_0 calculated, make a number of corrections, and derive an improved value for Hubble's constant.

Even a casual glance at the night sky gives some idea of the magnitude of the problem. One sees a boundless number of tiny lights, so how is it possible to gauge how far away any one of them may be? One answer is to measure the brightness or luminosity of these various lights and apply a well tested law of physics known as the Inverse Square Law. This law indicates that the brightness of a light falls off as the inverse square of its distance. For example, if one light appears to be nine times brighter than another of the same *intrinsic* brightness or



Cosmic wreckage: this collision between two enormous galaxies has scattered stars through space like *débris*. Although celestial objects are diverging from one another on average, the same variations in frequency of matter that led to the superclusters can also make possible encounters such as this.

luminosity, then it must be three times closer. But to determine absolute distances from the brightness of stars, astronomers must know their luminosity, i.e. how much light they are actually emitting. A bright star at night may be an average sun that is close to us (Alpha Centauri is around 4 light years away and as luminous as the sun) or a very luminous star that is farther away (Rigel is 900 light years away but sixty thousand times more luminous than the sun.)

To make use of the apparent brightness of a star, cluster, or galaxy as a distance indicator, the astronomer must make some estimation of the object's intrinsic luminosity. One such clue is provided by variable stars known as Cepheids, whose brightness fluctuates

over a period of days or weeks. The North Star is such a variable, its luminosity waxing and waning in a four-day cycle. According to theory, the slower this cycle or period, the greater is the Cepheid's luminosity. Astronomers therefore measure the Cepheid's period, calculate from this its luminosity, and compare it with the apparent brightness using the Inverse Square Law. The result of this is the Cepheid's distance from Earth.

At even greater distances, astronomers use the galaxies themselves as milestones in space. Recent observations by Brent Tully and Richard Fisher show that the speed of rotation of a galaxy increases as its luminosity increases. This provides a second method of determining galactic luminosities, and hence distances. The problem with these various milestones is that many corrections and uncertainties are involved before the final result can be calculated. Deductions about Cepheid variables, for example, are

based on low-luminosity, short-period stars and have to be extrapolated to the brighter, long-period variables.

Dr. van den Bergh had to make a careful examination of the pitfalls, errors, and uncertainties involved in different observations before arriving at a new value for H_0 , and the age of the Universe. He was particularly fortunate in having an independent check made on one of these astronomical milestones in his own observatory. Dr. R.D. McClure's observations of the Hyades Cluster indicated that some of the distances in the Universe must be increased by almost 10 per cent. Most important for van den Bergh in these corrections, however, was an estimation of how fast our own galaxy, the Milky way, is falling towards a "supercluster" seen in the direction of the constellation Virgo.

The picture of the expanding Universe as galaxies glued onto the surface of an inflating balloon is a considerable oversimplification, since the galaxies themselves are

free to move. Just as the sun and planets of our solar system move under their mutual gravitational attraction, so nearby galaxies too have a tendency to cluster and fall towards each other. Such clusters contain thousands of galaxies and measure millions of light years across. Within such massive groupings gravity can cause individual galaxies to rush towards each other at speeds of thousands of kilometres per second. The motion of such a galaxy is therefore quite complex, for at the same time as it falls through space towards the centre of its cluster, the space through which it is falling is expanding and carrying the galaxy with it.

Our own galaxy is located near the outer fringes of the Virgo super-cluster and observed red shifts for the H value must therefore take into account the effects of this galactic fall. One of van den Bergh's most important estimates was the speed of our galaxy's fall *through* space in this manner. One of the ways this is done is by determining how fast we are moving with respect to what is known as the 3°K background radiation that permeates all of space. Immediately after its birth, the Universe contained only radiation, much of which was soon converted into matter (the elementary particles). What radiation remained from this birth was to suffer the stretching effect of billions of years of expanding space. Today the fossil radiation from the Big Bang is called the " 3°K radiation" and can be detected as a background hiss in radiotelescopes. This radiation should come equally from all directions if we are sitting still in it; thus a fall into the Virgo cluster can be measured against it. Another way to arrive at a value for this velocity vector is to make careful comparisons of the velocities of distant galaxies.

Van den Bergh's conclusion, based on several of these approaches, is that our galaxy is falling towards Virgo with a speed of around 250 km/s, but he cautions that there is considerable uncertainty in this figure. This uncertainty in the speed of our galaxy falling *through* space, pulled by the gravitational attraction of the Virgo Cluster, gives rise to a 30 per cent uncertainty



Hale Observatories

Stars congregate in galaxies; galaxies in groups; groups in clusters; clusters in superclusters. This cluster in the constellation Hercules comprises several hundred individual galaxies of various types. Objects with "rays" are foreground stars in our own Milky Way.

in Hubble's constant. His published value for Hubble's constant indicates that our Universe is between 10 and 20 billion years old. This falls within the range of earlier calculations, but at the older end of the scale of values.

In addition to Hubble's constant, there are other ways of telling, or at least placing a bound on, the age of the Universe. Radioactive elements that were produced when the Universe was young are still decaying; their age can be calculated at between 10 and 15 billion years. In addition, theories about the ages of stars indicate that some of them are as old as 10 to 20 billion years. Clearly, results for H_0 that indicate a Universe younger than its oldest stars or radioactive material would be absurd.

What of the future? Throughout the 1980's van den Bergh and his colleagues at the Dominion Observatory will be taking a new look at Cepheid variables and attempting to pin down the luminosity of these milestones more accurately. As new

estimates of astronomical distances and Hubble's constant are made, it may one day be possible to determine if the expansion of the Universe is, in fact, slowing down. One day, it may even be possible for cosmologists and astronomers to decide if our fate is to die with a Big Bang or a whimper.



From wood carvings to electroplating

Helping small business in Quebec

by Patricia Montreuil

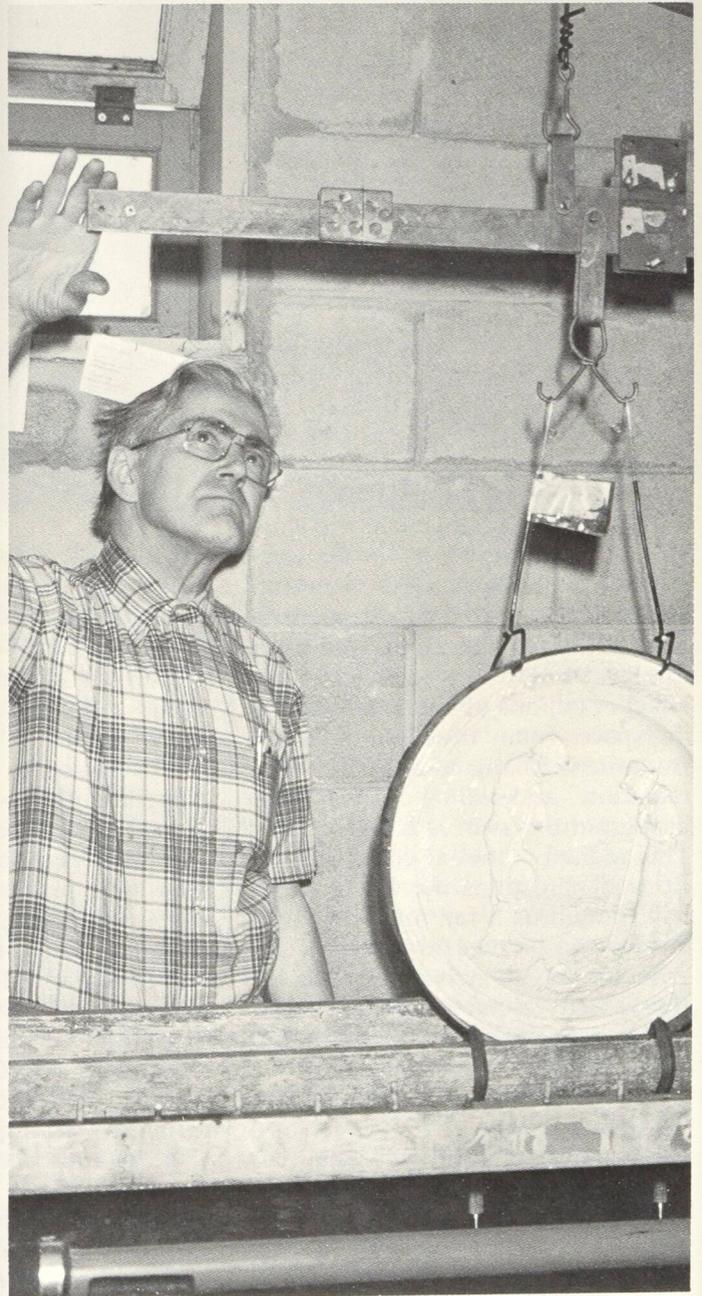
English adaptation: Robert Serré

Medium and small businesses are turning more and more to well-equipped research laboratories. In fact, most firms, large or small, have faced a problem at one time or another where the expertise of an engineer or scientist was needed.

Albert Nadeau, a well-known sculptor in the little town of St-Jean-Port-Joli, 100 km northeast of Quebec City, has had such an experience. Specializing in the reproduction of traditional scenes such as "The Crosscut Saw" and "The Bakery," Mr. Nadeau decided some two years ago to expand his line to include electroplated copper plaques. But he ran into a technical problem: the parts he was producing were often so brittle they could not be released from the mold without breaking. As a consequence, Nadeau was losing as much as 90 per cent of his production. The plaque-making process involved depositing a thin layer of copper into a concave mold section, and as he explains, "The copper was as hard and brittle as egg shells, totally non-malleable. I tried purifying the electroplating solution with activated charcoal, as recommended in the documents I had, but I always faced the same contamination problem."

Fortunately for Nadeau, he maintained a regular contact with Photios Kizas of NRC's Industrial Research Assistance Program (IRAP). Mr. Kizas, a technical adviser in the field of chemical technology, had often provided him with advice in the past.

IRAP had been playing a role in the transfer of technical resources for some time, providing financial aid for research projects in applied science carried out by Canadian manufacturing firms, or work done for them by qualified laboratories. The latest in the line of IRAP



Albert Nadeau is well known in the St-Jean-Port-Joli area of northeast Quebec. Currently, he sculpts wall plaques, which are then electroplated with copper.



Albert Nadeau specializes in the portrayal of traditional life scenes. This one is entitled "La Boulangerie" — The Bakery.

services appeared in October, 1981; it provides up to \$4500 in financial aid (not to exceed 75 per cent of the total cost of a project) to allow small businesses facing technical problems to sponsor laboratory research work. In 20 cities across Canada there are technical advisers providing information on NRC and other federal programs, and technology transfer in general.

One of the first companies to take advantage of the new program was Albert Nadeau Inc., which asked for IRAP's financial assistance to cover the cost of having the electroplating bath analyzed by a properly equipped laboratory. In less than one week, the project was approved, and an agreement reached with the Quebec Industrial Research Centre (CRIQ).

It was Jean-Marie Vincent, a metallurgical engineer working for CRIQ, who did the laboratory tests and told Mr. Nadeau that the brittleness of his electroplated parts was due mainly to organic contaminants. Mr. Vincent suggested that Nadeau replace the solution with another containing demineralized water, copper sulphate, and sulphuric acid. The use of demineralized water was the key. The effectiveness of this type of water treatment was confirmed shortly afterwards by Mr. Sylvio Bergeron of

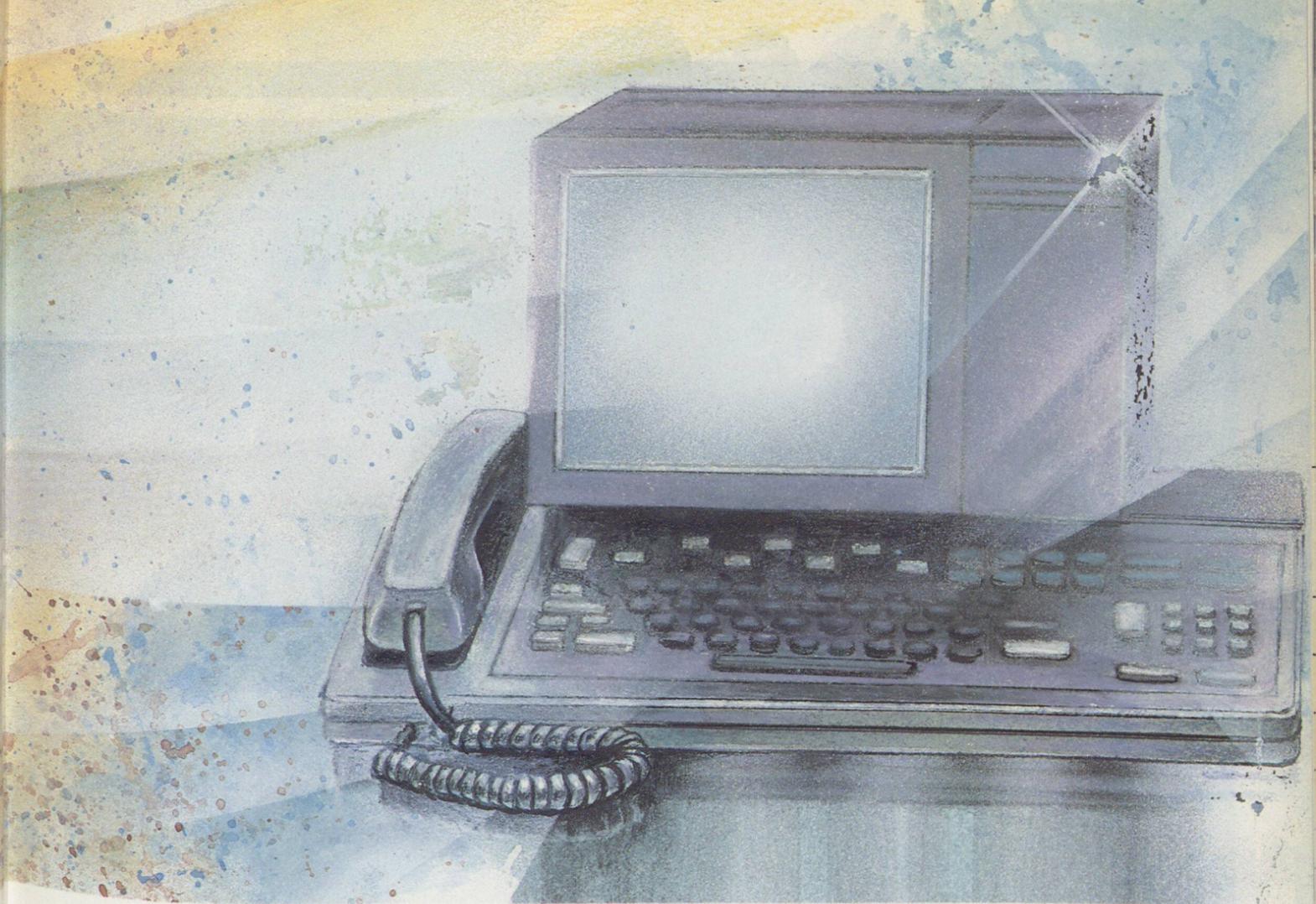


Nadeau with one of his miniature spinning wheels.

PPD Industries in Sherbrooke, who had been working with nickel and was aware of the problem.

Since the IRAP help, Mr. Nadeau has not reported any losses in the production of his plaques; the manufacturing process is now very efficient. "I'm glad that the problem has been overcome," comments Albert Nadeau. "Electroplated copper plaques gives a much better product, and it frees me to concentrate on details and produce a much finer design."





A farewell to drudgery

The digital librarian

by David Peat

1665 marks a revolution in scientific communication. In that year appeared the first issue of the *Philosophical Transactions* of the British Royal Society. Suddenly, scientists no longer needed books or individual letters to communicate with one another. Their experiments, theories, and comments on other work could reach their colleagues at frequent intervals in the pages of this new "learned journal."

The journal, as a concept for organizing information, was astonishingly successful. Over the 318 years since the first issue of the *Philosophical Transactions*, literally thousands of new journals have appeared to inform their readers of the latest scientific data and hypotheses. The influence of the learned journal in fostering our modern world's explosion of science and technology is hard to overestimate.

But the very success of the journals eventually made it almost impossible for a single scientist to keep abreast of what they contained, even in tiny subspecialties. Science's central problem had traversed the spectrum from too little information to too much. For example, the prestigious journal *Physical Review* contains over 1000 closely printed pages monthly, yet is itself only a single drop in the published sea.

Enter the computer. This electronic helpmate has helped keep scientists around the world from drowning in data, as it has kept banks solvent and airlines aloft. In Canada the National Research Council has been instru-

Dr. F. David Peat is a freelance writer working out of Ottawa.

mental in applying computers to the problem of scientific information retrieval.

NRC's Canada Institute for Scientific and Technical Information (CISTI) launched an on-line information storage and retrieval system called CAN/OLE in 1974, which enabled information specialists to search various bodies of organized information called "databases" and retrieve references on a given topic. CAN/OLE is a tireless bibliographer that can deliver almost every lead a library researcher may wish to know. All it requires is a computer terminal and a telephone link.

Recently, CISTI has added a new dimension to its information retrieval capabilities by developing a database system called CAN/SND (for Canada/Scientific Numeric Databases) which combines the power of an advanced computer information system with the ability to perform detailed calculations. With CAN/SND, a scientist can rapidly locate the information he or she needs, perform a set of calculations, and display the results on a screen or printer. It's somewhat like using the basic CAN/OLE librarian, except that this time your assistant can analyze what he finds — the computer as true research assistant. With CAN/SND, a scientist can perform original research at his terminal, and (if that terminal is on his lab bench) even get near-instantaneous illumination of his research results as they occur.

Here's how it works. CAN/SND operates through NRC's powerful IBM 3033 computer, to which subscribers anywhere in Canada can gain access through a low-cost telephone link. Now in its first months of

operation, CAN/SND's databases are limited to the infrared spectra of substances and the physical structures of organic and organometallic compounds. Subscribers must limit their questions to these two areas. Soon, however, CAN/SND will have other databases in various areas of physics and chemistry, and the range of permissible questions will expand greatly.

The subscriber searches the database by asking a series of questions via his computer terminal. The most straightforward query is to simply give the name of the compound under investigation, or else a reference to a published paper which involves the compound. Most database systems work like this; but CAN/SND permits more innovative search patterns. Much as a detective can locate a suspect through fingerprints, physical descriptions, or other leads, a scientist can track down a mystery molecule through a variety of partial descriptions (see box pp. 22, 23).

For instance, the scientist may know that the molecule he wishes to identify has a certain shape because it reacts in highly specific ways with certain compounds. Given this, CAN/SND will search its memory and derive a series of possible candidates — a kind of molecular police line-up. These candidates are called "hits." Armed with a hit, the scientist can then command his computer terminal to display the suspect molecules as perspective drawings. At the same time, he can ask the system very specific questions about the molecules, such as the

(continued on page 24)

CAN/SND

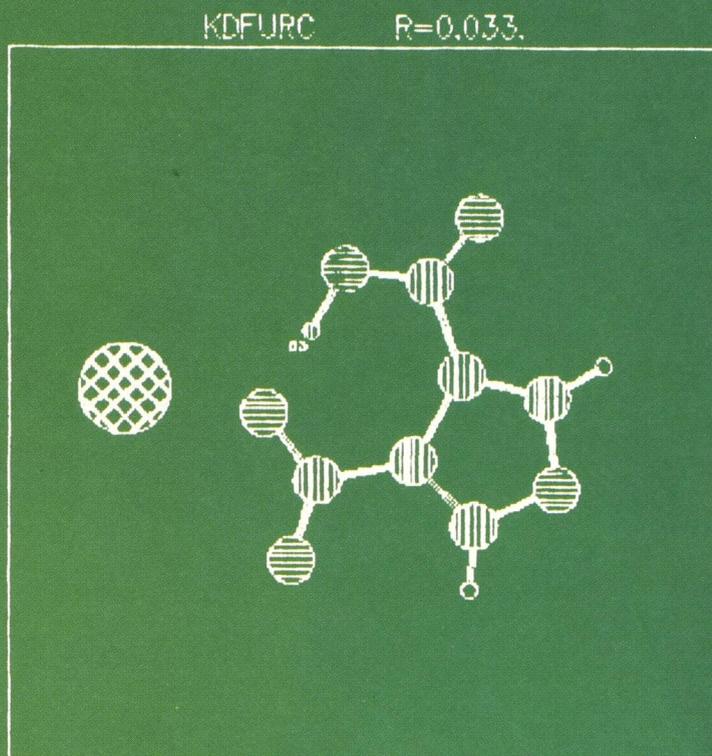
At a computer terminal in the vast CISTI main library in Ottawa, Dr. Gordon Wood sits typing soundlessly into a remote mainframe computer. He is summoning the genie CAN/SND, talking as he types.

"Suppose you're interested in deuterium — a heavy isotope of hydrogen, with an extra neutron aboard. What compounds contain it? Chemically, deuterium is just about the same as standard hydrogen, which has only one proton in its nucleus. Suppose further that you know of a molecular fragment that includes your deuterium — that it's bonded to an oxygen atom which in turn is bonded to a carbon atom. Here's what you do. I'm typing an input to CAN/SND describing this fragment."

On the ghostly green screen appears:

```
INPUT ...FRAG CARBOXYLIC ACID
INPUT ...AT1 D 1
INPUT ...AT2 O 2
INPUT ...AT3 C 3
INPUT ...AT4 O 1
```

"That means you're asking the database to search for any molecule containing the fragment you have specified," says Wood. The screen flickers and says:

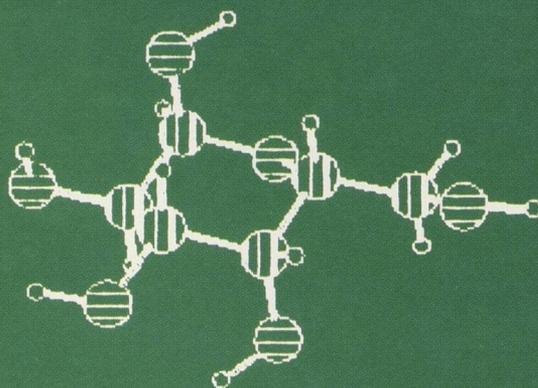
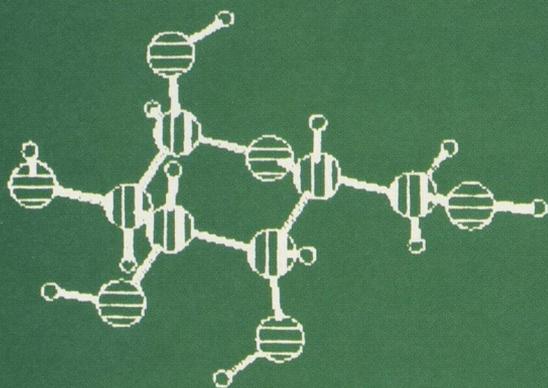


1

The molecule coded KDFURC from one of the CAN/SND databases in chemistry. Interatomic bonds are lines; small open circles are the normal isotope of hydrogen. Deuterium, one of hydrogen's heavy isotopes, appears as the labelled dot at centre. Carbon atoms are hatched vertically, oxygen horizontally. To the left sits a larger "associated" atom of potassium.

Dr. Gordon Wood calls up a depiction of a "hit" molecule from one of the CAN/SND databases.

ADGALA01 R=0.07.



NOW STARTING TO READ ENTRIES FROM DATA FILE

"Those are our 'hits,' says Wood — " 'Matched fragment,' in the machine's terminology. We have five of them. Let's say we choose Entry No. 4 to be visually plotted. Our identification code is KDFURC, which stands for potassium deuterium furan-3,4-dicarboxylate. We've got a molecule with 15 atoms here, one of which (the potassium) isn't bonded so much as associated — along for the ride, so to speak."

The plotter, a computer-controlled drawing machine beside the keyboard terminal, starts to life. In a "raster scan" — the way your television draws pictures on the screen — the plotter's pen zips across the paper and paints a plan of KDFURC. Inter-atomic bonds are lines; atoms are numbers indicating their position, plus letters indicating their element. Off to the left swims the "associated" potassium.

"Now," says Wood. "That's very useful. But it doesn't show you how the atoms are arranged in three dimensions. Let's first of all get a fleshed-out plot of this diagram." He presses keys and the code numbers of the initial plot disappear, replaced by circles. "Now let's hatch-code them." The computer complies, and the circles are redrawn to betray their elements (see figure 1). The next step is the realm of stereo. Humming to itself, the plotter scans two matching images of KDFURC, side by side.

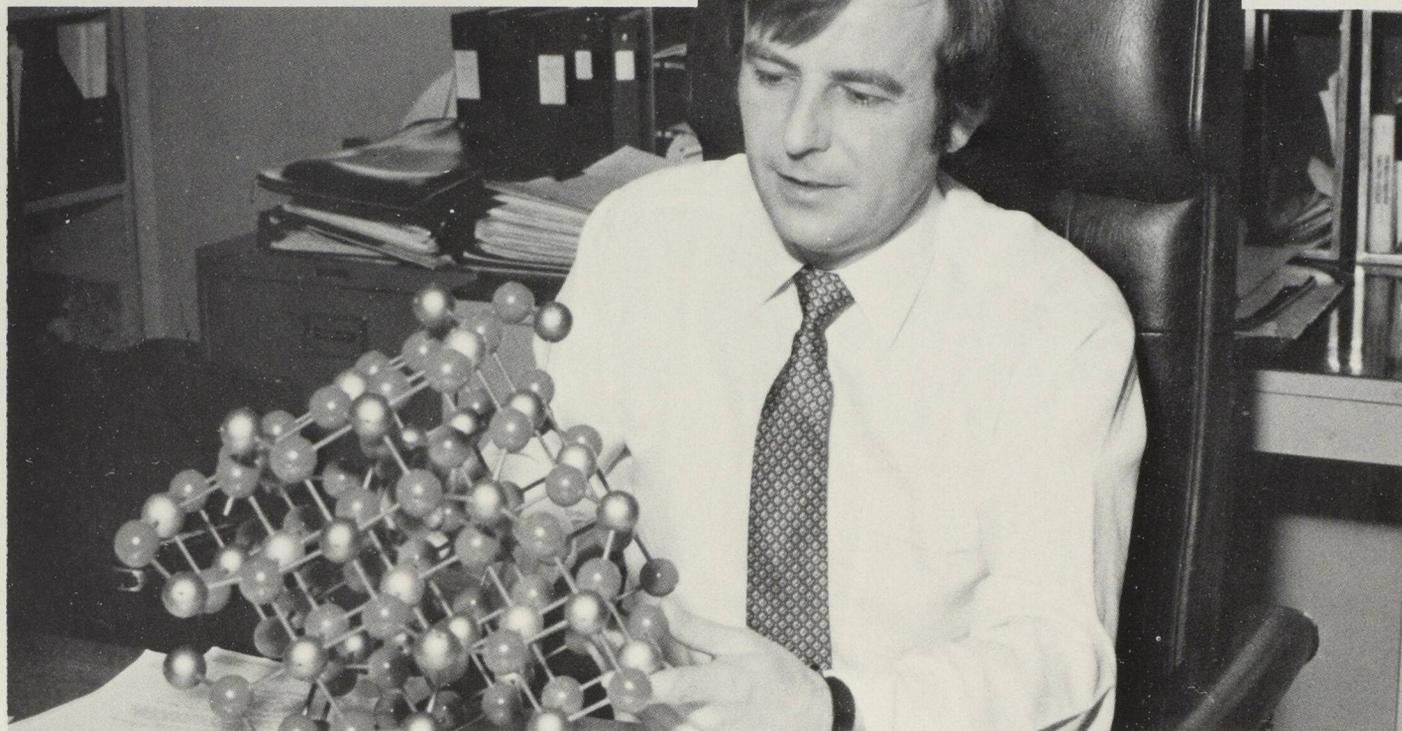
The sugar galactose, plotted in two slightly different views which, seen through a viewer, give a stereo effect. The CAN/SND system offers research scientists a radically new freedom to visualize and understand molecules and their reactions.

At least, they appear to match. "They go together, but they're not quite identical," Wood explains. "Put them under this viewer." He tears the images off the plotter, snips them apart with scissors, and shuffles them under a small plastic viewing device. "Have a look."

I look, and there is potassium deuterium furan-3,4-dicarboxylate: before me in three dimensions, a hundred million diameters as large as life. The carbon ring lies in one plane, while the hydrogen and deuterium stick up at slight angles. (We've printed views of galactose, an even more spectacular sugar molecule, in stereo in figure 2).

Wood explains that CAN/SND can display simple or stereo views of thousands of molecules in its memory from any view, even rotating them about an axis of our choosing. In theory, and given an interactive terminal with sufficient volumes of dataflow or "Baud rate," CAN/SND could even show an animated display of KDFURC tumbling, say, end over end. That's one powerful aid to scientific imagination.

by Bill Atkinson



Stephen A. Haines

distances between particular atoms or the angles between chemical bonds.

Consider the possibilities. One scientist may use CAN/SND to study the chemical effects of substituting one atom for another at precise locations in a molecule; another may investigate chemical reactions as they occur microsecond by microsecond; a third may use that data to predict new properties, which may then be verified by experiment. With such a large resource of data at his fingertips, a scientist can carry out complete "thought experiments" without ever leaving his terminal.

"The body of data in the structure database is revised several times a year by the group of scientists charged with producing it," says Dr. Gordon Wood of CISTI, the person responsible for making CAN/SND operational. "These scientists scan each datum before it is entered." Even the computer takes a hand in this verification, "checking for internal consistency and typographical slips."

Wood, himself a former bench scientist in NRC's Division of Physics, has made scientific usefulness the prime driver of the new database system. "There is a danger with such systems of forgetting the ways in which chemists and physicists work, and of setting up the whole thing from a computer scientist's or a librarian's point of view. But with CAN/SND, the scientist always comes first."

In an earlier trial period, 15 scientists were invited to test the system and suggest ways it could be made more responsive to their needs. Their suggestions are incorporated into the present version of CAN/SND, which is still flexible enough to adapt to future changes in what scientists find most effective for their work. Of the two databases now in use, one comes from Cambridge University, England; the other was compiled partly at NRC. Of the databases yet to be added, one will embrace the structure of metals, and is being developed at NRC's Division of Chemistry; other databases under considera-

Databases like NRC's CAN/SND provide information on molecular structure in machine-readable form. This permits scientists like NRC's Dr. Michael Graham to examine thousands of different molecules from any angle, obtain stereoscopic views, and dispense with the three-dimensional "Tinkertoy" models such as the one shown here.

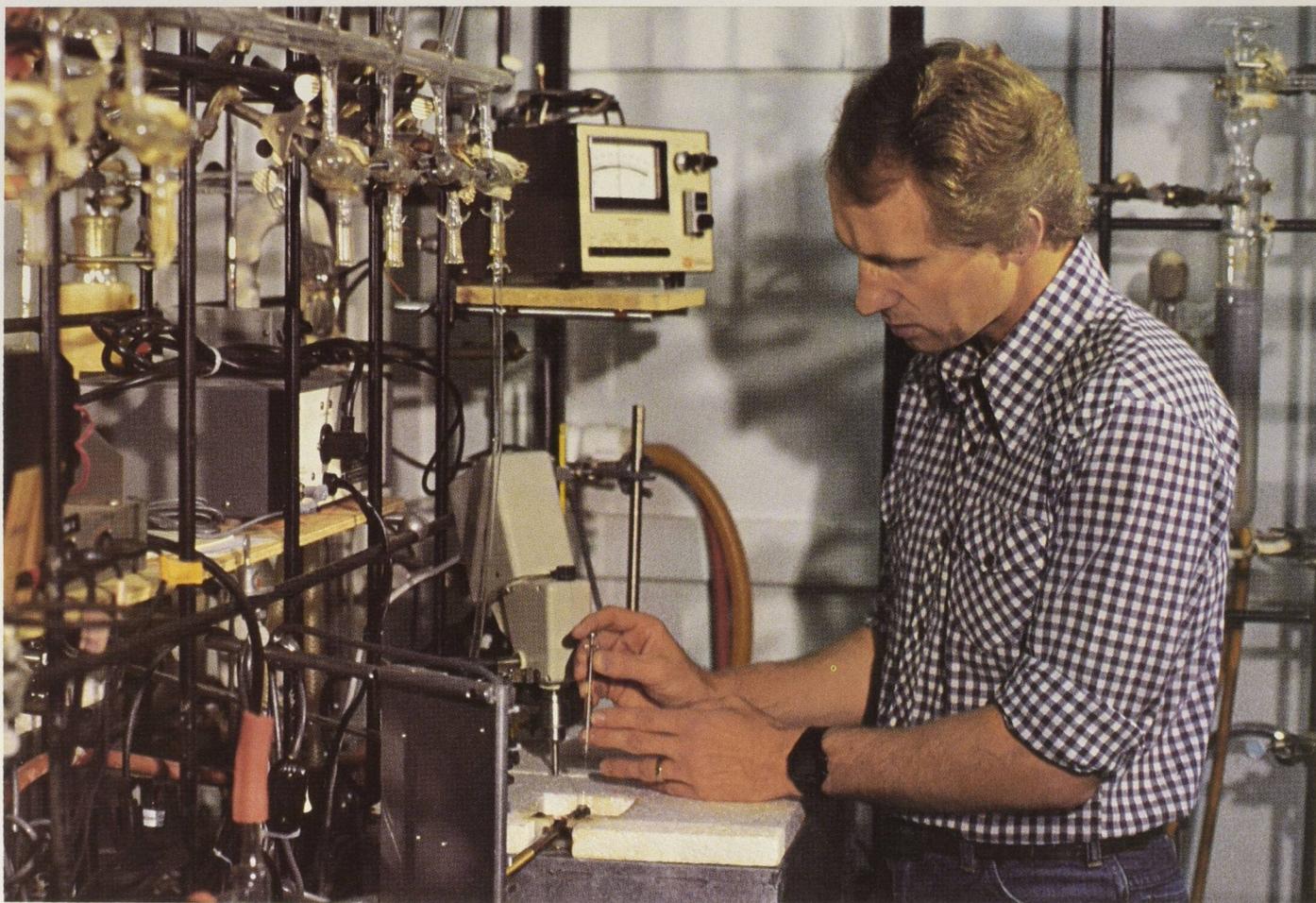
tion come from the U.S. National Bureau of Standards (mass spectrometry) and a joint Canada/Federal Republic of Germany venture (inorganic structures).

"The important point about these databases," Wood explains, "is that each is compiled by experts in the field. The information is thus the very best available." Science has indeed come a long way since 1665; but thanks to this bold use of computers, more scientists are being freed from the drudgery of "searching the literature" to pursue more creative tasks.



Vitamin E Quenching a chain reaction

by Wayne Campbell



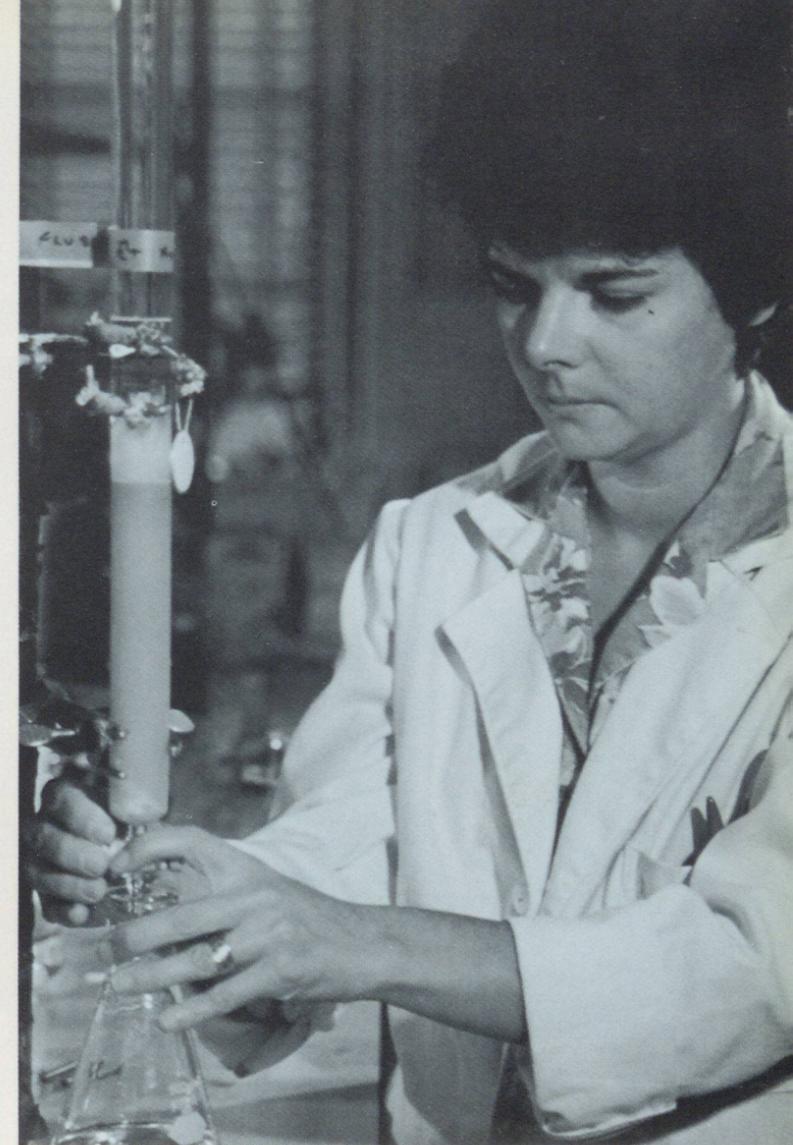
Depending on who you talk to, and the list includes some respected scientists, vitamin E has curative powers that span the range of human ills: heart attack, high blood pressure, kidney disease, diabetes, muscular dystrophy. Some say it even prolongs our lives. The weakness inherent in all these claims, however, is a lack of understanding of just how this vitamin, called alpha-tocopherol after its major component, performs these medical marvels. Apart from vague general statements that cite its capacity to prevent the oxidation of biological molecules, and an ability to neutralize the damaging effects of substances called "free radicals," little substantive evidence exists on how the vitamin functions in the body.

Now, two Canadian scientists have shed light on vitamin E's biological role. Drs. Graham Burton and Keith Ingold at the National Research Council labs in

NRC's Graham Burton: Vitamin E defends the cell membrane against oxidative breakdown.

Ottawa have verified that, as earlier indicated, it acts as an antioxidant in the body. In fact, it is the most powerful fat-soluble antioxidant yet discovered, and probably the only one available to the living system in the regions containing fatty substances. Burton and Ingold have gathered evidence to suggest how the vitamin works its magic, and what it is about the molecular structure that makes it so effective.

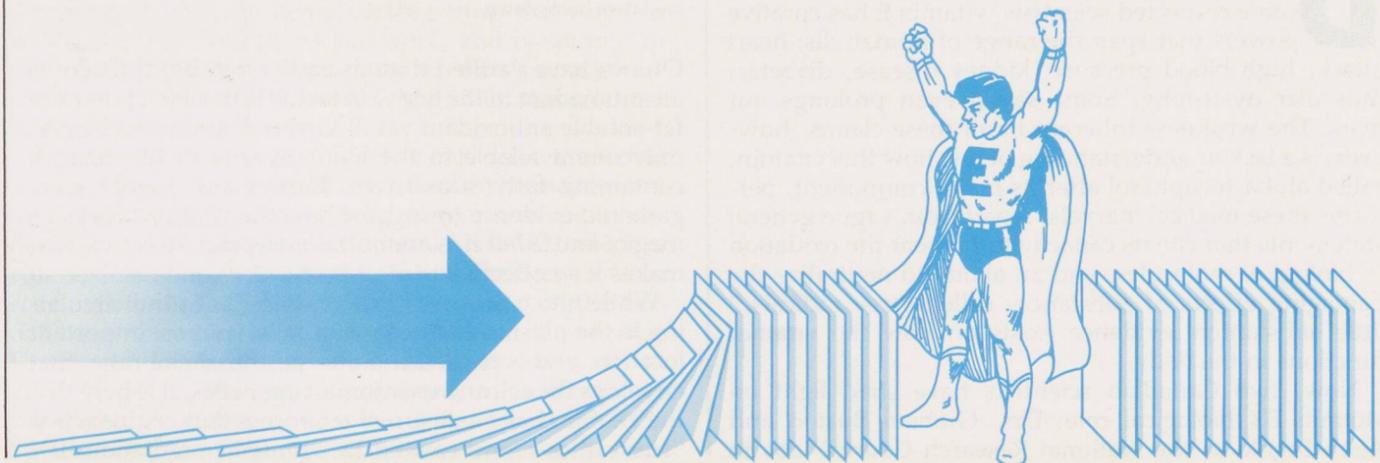
While much of the body's vitamin E is found circulating in the plasma and red blood cells, its most important location and site of action is in the membrane that envelops the cell and its internal organelles. It is here that the vitamin halts a destructive process that begins when "free radicals" are created by agents like radiation, UV



light, drugs, and even inhaled smog. In the absence of vitamin E, say Burton and Ingold, these maverick substances act in deadly concert with oxygen to quite literally rip the plasma membrane apart, killing the cell.

Often referred to as a "lipid bilayer," the plasma membrane is composed of two sheets of phospholipid molecules facing each other in a mirror-like array, their hydrophilic (literally, water-loving) heads forming the outer and inner surfaces, and the hydrophobic (water-hating) tails tucked into the interior. Stacked in phalanx-like columns, these tails are the hydrocarbon chains of fatty acids that make up part of the phospholipid molecule; hydrocarbons, long carbon chains with hydrogen atoms sticking out from them, are the regions so vulnerable to oxygen attack.

As Graham Burton explains, when radiation or the like splits a hydrogen off one of these chains, it is transformed into a free radical capable of starting a chain reaction. In the scenario envisaged, the altered chain, saddled with a highly reactive "unpaired" electron, reacts rapidly with oxygen, ubiquitous in the system, to form a peroxy radical. This radical, also highly reactive, then attacks a nearby hydrocarbon chain, stripping off a hydrogen atom to form another radical. The new radical continues the havoc, combining with yet another oxygen molecule, creating a second peroxy radical, which attacks a neighboring hydrocarbon chain, and so on. The inner membrane's chemical nature is thus drastically altered as the oxygen-combining process races through the col-



Alii Kurtis

The skills of many people are needed in modern chemistry; Maria Slaby, Ann Webb, David Lindsay, and Lise Hughs all contributed to the work done on vitamin E.

umns of fatty acid chains, ending ultimately in cell death. "From one free radical formed in the beginning," says Burton, "hundreds, perhaps thousands, of fatty acids can be destroyed in the membrane."

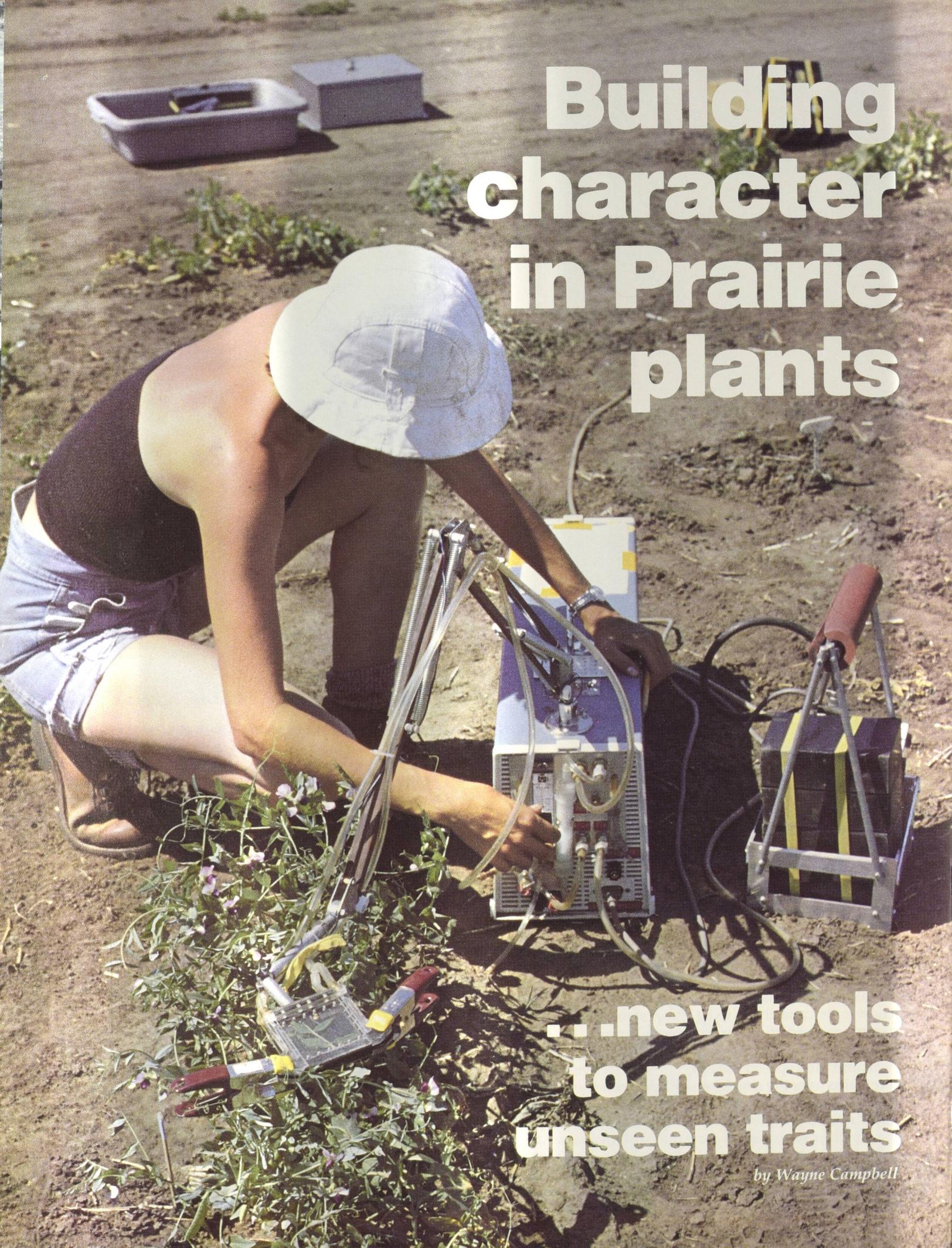
According to the two Canadian scientists, alpha-tocopherol halts this pass-it-on sequence of radical formation by simply slipping a hydrogen atom into the works. Its capacity to rapidly supply the peroxy radicals with hydrogen, before the peroxy gets a chance to raid a hydrocarbon for the atom, halts the chain reaction. The vitamin is made up of a long hydrocarbon tail (thought to anchor it in the membrane) connected to a double-ringed head that functions as the hydrogen donor. The outer ring is called a "phenol," and has a side group (a hydroxyl) which can release a hydrogen. At the root of the molecule's remarkable ability to stop the chain reaction is its capacity to exist as a "stable radical" (an apparent contradiction in chemical terms). In other words, it can give up its hydrogen, neutralizing a peroxy radical, and then spread the effect of the reactive electron that remains over the ring; chemists describe the electron as being "delocalized," which has the effect of blunting its reactivity. The molecule of vitamin E is sacrificed, but it is a small price to pay to stop the oxidative wave that would otherwise pass ruinously through the membrane.

Chemists Burton and Ingold examined the antioxidant capacity of alpha-tocopherol by modifying its various structural elements, and found it is built to optimize

antioxidant efficiency. Everything about the head structure, from the makeup of the side groups to the almost coplanar nature of the two rings (they are in the same plane), favors the delocalization of the electron, and the consequent antioxidant ability of the molecule.

The key to the Burton-Ingold work, however, is its well-defined experimental system for determining the antioxidant capacity of substances. Unlike earlier systems, they are able to measure the *rates* at which antioxidants react with free radicals; alpha-tocopherol was the most effective trap for peroxy radicals because it reacted faster than any other antioxidant, including the other tocopherol variants, beta, gamma, and delta (which have minor side-group differences to alpha). By measuring this capacity in blood samples, and then deriving absolute values of the sample's alpha-tocopherol content by high-performance liquid chromatography, they showed that it was the only antioxidant in the system.

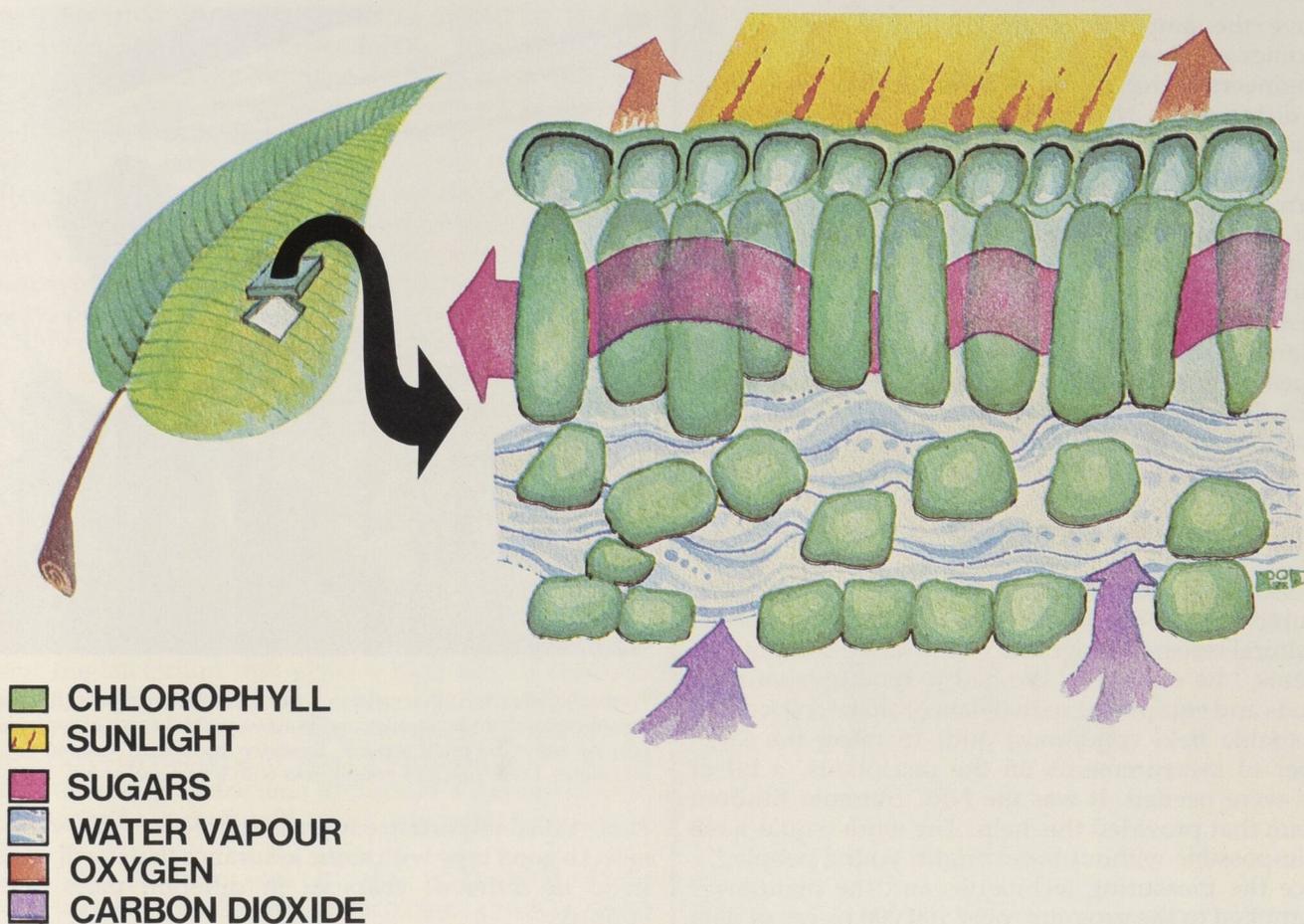




Building character in Prairie plants

...new tools
to measure
unseen traits

by Wayne Campbell



- CHLOROPHYLL
- SUNLIGHT
- SUGARS
- WATER VAPOUR
- OXYGEN
- CARBON DIOXIDE

Since the early days of man's agricultural development, the selection and planting of seed from the best plants has played a major role in crop improvement. Even today, this process remains the backbone of breeding programs. Selecting superior plants in a breeder's nursery from many thousands of possibilities is still done best by an experienced person practising "the art of plant breeding."

During the last few years, however, scientists at NRC's Prairie Regional Laboratory have taken a long, second look at this art to see if advances in plant physiology can be used to help the breeder make his selections. They are studying "physiological characters" which, as the name implies, are traits of the plant cell's chemical metabolism. Many of these, like photosynthesis, respiration, nitrogen fixation, seed growth, and leaf production, can profoundly affect the agricultural usefulness of a plant. The PRL group has been looking into selecting plants on the basis of their ability to carry out these processes, and the indications are that at least some of them, notably photosynthesis and nitrogen fixation, can be genetically improved.

When plant breeders survey a plant species, they hunt for traits that they know will make it a better food crop; this "agronomic performance" as they call it is determined by a number of the plant's traits, things like plant height, the time of flowering, resistance to disease, and

Summer student Catherine DeLong of Saskatoon measures photosynthesis in the leaves of plants growing in the field. During the summer over 3000 measurements are made by the PRL group.

A leaf in cross section. Plant cell bodies called chloroplasts (containing the green pigment chlorophyll) use the sun's energy to "fix" atmospheric carbon dioxide with water vapour to produce sugar and oxygen. Scientists hope to increase the efficiency of this energy production system with plant breeding techniques.

so on. In general, such visible characteristics are determined by relatively large numbers of genes in the plant. Physiological processes, on the other hand, tend to be components of these larger characters, and thus controlled by smaller numbers of genes. Selecting for these processes then, really amounts to fine tuning the control over plant genes.

Dr. John Mahon, the plant physiologist who heads the PRL program, likens the task of breeding to someone out shopping for a new stereo system: "A person looking for a stereo doesn't simply go out and listen to all possible systems available, and choose on that basis. He or she knows that a single poor part, say the amplifier, could ruin the sound of an otherwise excellent set of components. Most people realize that the parts are independent, and that you get the best sound by finding the best turntable, amplifier, and speakers, and combining them.

"In a similar way, the plant breeder scans a plant species looking for the characters he or she knows are beneficial, and then attempts to combine them in one plant."

PRL has extended this approach beyond the visible, easily identifiable characters to the unseen physiological processes that make them up. Going back to the analogy, it is like searching for the best electronic parts in order to

improve the amplifier. Sound difficult? "Not to an electronics engineer," says Mahon. "And breeders are the engineers of crop plants. A better amplifier will make a real difference to a discerning listener, and agricultural production is sensitive to even small improvements in crop varieties."

During the last seven years, John Mahon and geneticist Dr. Shaun Hobbs have been studying the genetics of physiological characters and how they relate to the usual agronomic traits such as seed yield, seed protein, and harvest index (the economically valuable proportion of the plant). They work with the common, garden variety field pea because it carries on nitrogen fixation, it grows well in Saskatchewan (over 15 000 ha of commercial production) and the species exhibits considerable genetic diversity. This diversity is very important, since Mahon decided early to use the natural species variation rather than produce mutants by chemical or irradiation treatments.

He also chose to examine only the traits which could be measured in field conditions similar to those of normal agricultural research programs. "This raised a number of problems," he explains. "We had to modify laboratory methods and equipment so that data could be collected in the variable field conditions; and, to make the large number of measurements on the pea plants, a lot of hands were needed. It was the NRC Summer Student Program that provided this help. The work would have been impossible without these bright, young people."

Once the measuring techniques and the manpower were applied to the program, over 100 000 pieces of data were being collected each summer. To handle this enormous amount of information, Shaun Hobbs developed a unique set of computer programs which allow data to be stored, checked, rearranged, manipulated, and analyzed. Dr. Mahon: "We can now enter field data into a machine the size of a pocket calculator and dump it directly into the computer when we return to the laboratory. This eliminates much of the time and error associated with our old methods of hand copying. We get a first look at our results in time to discuss with the summer students the interpretation of the data they worked so hard to get."

Of the 20-odd traits studied in up to 100 types of pea from around the world, the PRL group found that certain of them were simply not useful for selection. "Their measurement was too difficult, their genetic control too weak, or they simply didn't provide much productive benefit," Mahon explains. "But two traits which appear to have promise are photosynthesis and nitrogen fixation. Not only do they show promise as breeding characters, but they offer potential agronomic gains, since photosynthesis provides the plant's energy, and nitrogen fixation reduces the need for expensive nitrogen fertilizer. Because of this, we've concentrated on these two."

Photosynthesis, according to Mahon, can in some ways be considered very stable despite its great sensitivity to the environment. "Even though a plant's photosynthetic performance can vary as much as fivefold during one summer or in different years," he explains, "the good plant types are always superior to the poor ones. This consistent ranking or 'broad sense heritability'



To study the bacteria that carry out nitrogen fixation in peas, the plants must be grown under sterile conditions to avoid the risk of contamination by other bacterial strains. Research technician Connie Knapp inoculates a new batch of young peas with a bacterial strain.

is of crucial importance to a plant breeder who wants to select a good type with some assurance that it will remain good in different years or in different parts of the country."

Genetic studies at PRL show that photosynthesis is controlled by several genes in such a way that the good qualities of two high photosynthesis types can be combined to produce offspring superior to either parent. In fact, this kind of selection, crossing, and re-selection already has shown photosynthetic efficiency can be improved by as much as 25 per cent. Nevertheless, as exciting as this is, Mahon is only cautiously optimistic: "Even though we can genetically increase the photosynthetic efficiency of each square centimetre of leaf and show that this leads to increased growth, differences in the plant's ability to produce leaves can make an apparently high photosynthetic type seem very unproductive. The question we are now asking is whether we can combine a high photosynthetic ability with a good production of leaf area."

Nitrogen fixation provides the greatest challenge to this physiological selection approach because the process really occurs in modified bacteria living in the plant roots. This is a true "symbiosis," with the bacteria receiving energy from the plant's photosynthesis and giving usable nitrogen to the plant for growth. Thus, the overall process is controlled by two independent sets of genes, one in the plant and the other in the bacterium; improvement will probably require changes in the genetic makeup of both partners.

On the plant side, Dr Hobbs' work shows that the nitrogen-fixing ability of the field pea is a variable, but highly heritable characteristic which can be improved by simple plant selection. However, because earlier work demonstrated that this chemical binding of nitrogen requires considerable energy from the plant, it raised the

possibility that fixation differences might in fact be differences in photosynthesis ability. After all, a poor fixing process heavily supplied with energy could look quite good, while an excellent fixer with limited energy might appear to be inefficient. Not so, according to Mahon: "Our recent work shows that these genetic differences in nitrogen fixation are not due to differences in photosynthesis. Thus, if different genes are involved, there is at least a theoretical possibility that a high rate of photosynthesis can be combined with a high fixation ability, producing an altogether superior plant."

Other characters related to nitrogen fixation, including the age at which fixation begins and the energetic efficiency of the process, appear to be controlled by the bacterial genes. PRL microbiologist Louise Nelson has studied over 100 strains of the bacterium which can combine with peas, and found large differences in their ability to produce an effective symbiosis. Other studies with Dr. Seppo Salminen show that there are major metabolic differences in the bacterial strains which can affect the efficiency of energy use in fixation. However, as Dr. Nelson points out, "Even if we know what it is about the bacterium that gives a high rate of nitrogen fixation, there will still be problems in making use of improved strains. For one thing, it may be difficult to get our good bacterial type to infect a plant because it has to compete with other bacteria in the soil. Coming up with an efficient bacterium will solve only part of the problem."

As John Mahon sees it, the work with these physiological processes is bringing plant genetics closer to the ultimate stage of scientific control over breeding — the use of cell culture and genetic engineering techniques. Says Mahon: "The ability to work with one hundred million 'potential plants' in a single flask of cell culture could give plant breeders the same large populations which have been so successfully exploited by microbiologists in finding rare and useful genetic traits in bacteria and other microorganisms. But right now you can't tell from examining an individual cell what the yield or grain quality of a plant produced from it will be. In other words, we need to find characteristics which are both detectable in single cells and useful in a farmer's field." Until scientists know which genes to modify, he feels, genetic engineering will be largely unavailable to plant breeders.

Photosynthesis and nitrogen fixation are only two of the characteristics being examined at Saskatoon, but based as they are on previous PRL experience, they have advanced most rapidly. So far, the age-old scientific question of whether we can predict the whole from the study of its parts is still with us. However, if individual physiological processes do determine the pattern of growth, if they are indeed genetically determined, and if the technology to measure them can be developed, then plant breeders will have powerful new tools to use for plant selection. Better yet, tomorrow's genetic engineers will be able to aim their new weapons at specific targets.



1983/2

ORDER FORM		FORMULAIRE D'ABONNEMENT	
<input type="checkbox"/>	I wish to receive Science Dimension in English	<input type="checkbox"/>	Je préfère recevoir Dimension Science en français
<input type="checkbox"/>	Name, address printed wrongly — corrected below	<input type="checkbox"/>	Nom adresse comportant une erreur — correction ci-dessous
<input type="checkbox"/>	Mailing label is a duplicate — please delete from list	<input type="checkbox"/>	L'adresse est un duplicata — Rayez-la de la liste
<input type="checkbox"/>	Name below should replace that shown on label	<input type="checkbox"/>	Remplacez le nom figurant dans l'adresse par celui indiqué ci-dessous
Discontinue sending <input type="checkbox"/> all publications <input type="checkbox"/> this publication		Ne plus envoyer vos publications <input type="checkbox"/> cette publication <input type="checkbox"/>	

NAME / NOM _____

TITLE / TITRE _____

ORGANIZATION / ORGANISME _____

STREET / RUE _____

CITY / VILLE _____

PROVINCE _____ POSTAL CODE POSTAL _____ COUNTRY/PAYS _____

FOLD OUT

CUT

Business Reply Mail

No postage stamp necessary if mailed in Canada

Postage will be paid by

National Research Council
Canada

**OTTAWA
CANADA
K1A 969**



FASTEN HERE

Canada

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

DIMENSION SCIENCE

1983/2



Le photographe de l'espace

- Godendards et fours à pain
- Interrogez l'ordinateur
- Potion de jeunesse
- Les plantes ont du caractère!

Commentaire

Les hommes et les femmes de science ne sont pas, comme les dépeignent trop souvent la télévision ou le cinéma, de doux excentriques vivant dans les nuages et dont la vie ne laisse aucune place au sport, à l'humour ou à la musique. Vous n'avez qu'à visiter un laboratoire pour vous en rendre compte. Même si les scientifiques s'entourent souvent de machines étranges et s'expriment parfois dans un jargon qui semble plus proche du Swahili que de la langue de tous les jours, leurs travaux peuvent conduire, comme vous le verrez dans un article de ce numéro, à des applications aussi pratiques que l'amélioration du rendement d'un atelier artisanal de fabrication de plaques murales décoratives. Un autre article de ce numéro vous donnera un aperçu de la beauté que recèlent souvent les investigations scientifiques. Vous y découvrirez une planète d'aspect inusité: la Terre, photographiée dans l'ultraviolet par un satellite très spécial en orbite à 25 000 km au-dessus du pôle Nord.

À partir des données que leur fournit l'ordinateur ou qu'ils obtiennent dans le cadre d'expériences scientifiques bien conçues, les chercheurs s'efforcent de lever une partie du voile qui recouvre les secrets de la Nature et cette démarche intellectuelle les conduit parfois à des conclusions tout à fait surprenantes. C'est ainsi qu'un des articles de ce numéro présente les travaux d'un astrophysicien de Victoria qui est parvenu à évaluer avec précision la distance qui nous sépare de galaxies incroyablement lointaines; à partir de cette nouvelle information, il a pu calculer de façon plus précise l'âge de l'univers. Un autre chercheur des Prairies, généticien, étudie les données recueillies au moyen de plants de pois en vue de mieux connaître les mécanismes de régulation génétique chez les plantes. À Ottawa, des chimistes tentent d'expliquer comment la vitamine E bloque l'entrée de substances indésirables responsables de la destruction de la membrane plasmique. Les énigmes de la Science sont, pour ces chercheurs, aussi passionnantes que le meilleur roman policier. Leur solution leur apporte plus qu'une simple satisfaction personnelle et peut parfois les conduire à la découverte de vérités universelles.

Dans les prochains numéros de *Dimension Science*, nous vous ferons partager plusieurs de ces aventures de l'esprit. Nous tenterons de vous démontrer que la Science, comme l'art, la musique et les autres aspects de notre culture, peut intéresser *chacun* d'entre nous, pas seulement les chercheurs.

Le rédacteur en chef

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*.

La revue *Dimension Science* est publiée six fois l'an par le Service de l'information et des relations publiques du Conseil national de recherches du Canada. Les textes et les illustrations sont sujets aux droits d'auteur. La reproduction des textes, ainsi que des illustrations qui sont la propriété du Conseil, est permise aussi longtemps que mention est faite de leur origine. Lorsqu'un autre détenteur des droits d'auteur est en cause, la permission de reproduire les illustrations doit être obtenue des organismes ou personnes concernés. Pour tous renseignements, s'adresser au rédacteur en chef, *Dimension Science*, CNRC, Ottawa, Ontario, K1A 0R6, Canada. Téléphone: (613) 993-3045.

DIMENSION SCIENCE



Conseil national
de recherches Canada

National Research
Council Canada

Rédacteur en chef
Michel Brochu

Administrateur
Margaret Shibley Simmons

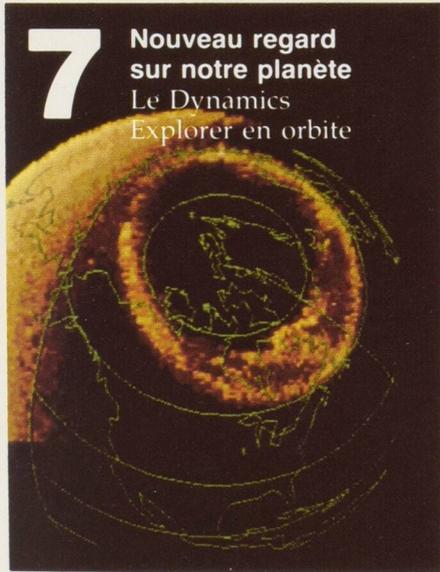
Photographe
Bruce Kane

Coordonnateur de l'impression
Robert Rickerd

Conception graphique
Acart Graphic Services Inc.

Imprimé au Canada par
Imprimerie Beauregard Ltée

31159-2-1019



L.A. Frank, J.D. Craven

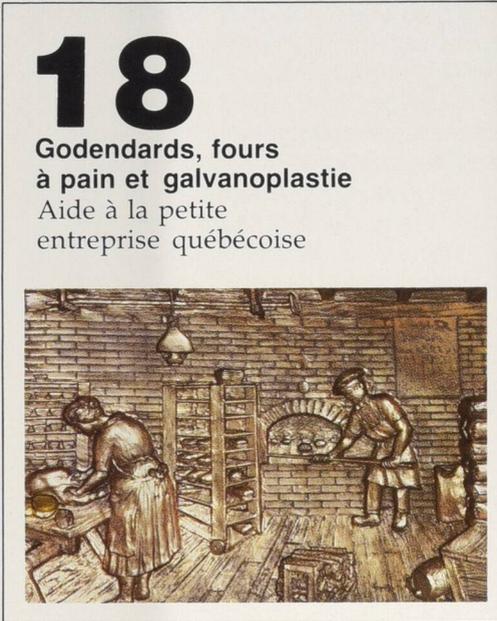
Notre couverture:

Les draperies de lumière de l'aurore boréale prennent un aspect fort différent lorsqu'on les observe d'un point situé à 25 000 km au-dessus du pôle Nord, au moyen d'une caméra sensible à l'ultraviolet. Cette vue d'un ovale auroral et d'un croissant de "clair de Terre" est l'une des superbes photographies de notre planète prises par les caméras spéciales du satellite américain Dynamics Explorer 1. Pour plus de clarté, on a tracé (en vert) les contours des continents visibles sur cette photographie. Voir notre article "Nouveau regard sur notre planète", page 7.



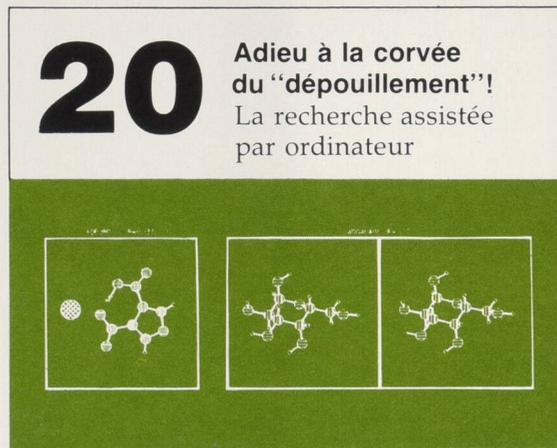
10

L'âge de l'univers
Une remontée dans
le temps jusqu'au
big bang initial



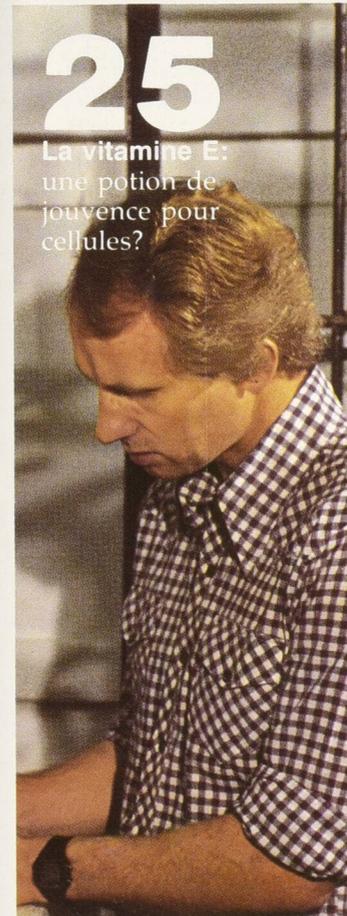
18

**Godendards, fours
à pain et galvanoplastie**
Aide à la petite
entreprise québécoise



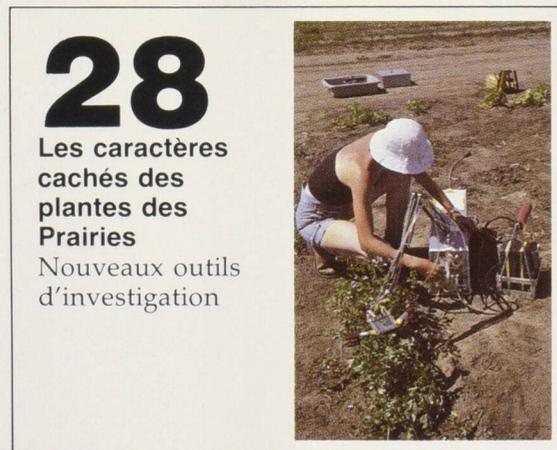
20

**Adieu à la corvée
du "dépouillement"!**
La recherche assistée
par ordinateur



25

La vitamine E:
une potion de
jouvence pour
cellules?



28

**Les caractères
cachés des
plantes des
Prairies**
Nouveaux outils
d'investigation

capsules

Le prix Herzberg

Le professeur John Brand, de l'Université de Western Ontario, a reçu le prix Herzberg 1982 de spectroscopie. Ce prix, ainsi nommé en l'honneur du Dr Gerhard Herzberg, du CNRC, représente la plus haute distinction décernée annuellement par la Société de spectroscopie du Canada.

La citation qui l'accompagne souligne les contributions remarquables du professeur Brand à l'étude de la recombinaison des électrons au sein d'atomes qui s'unissent pour former des molécules et des rayonnements lumineux émis par ces électrons lorsqu'ils atteignent un niveau élevé d'énergie. Le professeur Brand, pionnier de l'application des lasers en spectroscopie, est parvenu à obtenir des mesures très précises des phénomènes mis en oeuvre.

Élu membre de la Société royale du Canada en 1978, le professeur Brand est l'auteur de plus d'une centaine de publications scientifiques et d'un texte intitulé *Molecular Structure*.

Laboratoires de Terre-Neuve

L'un des plus grands et des plus modernes laboratoires de recherche en sciences maritimes du monde est en voie de construction à Saint-Jean de Terre-Neuve. Dernier-né de la famille des laboratoires du CNRC, l'Institut de recherche maritime et sur les navires arctiques ouvrira ses portes sur le campus de l'Université Memorial en 1985.

L'institut mettra à la disposition de l'industrie maritime canadienne des installations ultra-modernes pour l'étude des problèmes liés à la navigation et aux opérations en eaux froides: ordinateurs pour l'analyse des conditions de navigation, machines-outils informatisées pour la fabrication automatique de modèles à échelle réduite et bassins d'essais, dont le plus grand bassin du monde (89 m x 12 m x 3 m) pour les essais en eaux englacées.

Ce choix de Saint-Jean de Terre-Neuve comme site d'implantation de

l'institut n'est pas le fruit du hasard: grande ville maritime depuis des siècles et port d'attache de plusieurs flottes de pêche naviguant sur l'Atlantique nord, Saint-Jean est, depuis quelques années, le centre d'intenses activités de prospection pétrolière au large de Terre-Neuve, zone riche en pétrole mais où prévalent des conditions très rigoureuses et quelquefois dangereuses, comme en témoigne la tragédie de l'*Ocean Ranger* survenue l'hiver dernier. Plusieurs entreprises oeuvrant dans le domaine du génie maritime et gravitant autour des ressources spécialisées de l'Université Memorial se sont établies dans cette ville, et l'Université Memorial est en voie de devenir un centre d'excellence pour la formation d'ingénieurs spécialisés en techniques maritimes.

D'ici quelques années, l'institut affectera plus d'une centaine de scientifiques et de techniciens spécialisés à l'étude des problèmes canadiens dans le domaine du génie maritime.



Une hydrolienne à l'essai

C'est une idée à la fois simple et ingénieuse: renverser une éolienne à axe vertical dans un cours d'eau pour obtenir une source d'électricité.

Depuis l'automne dernier, l'idée est devenue réalité: la première turbine hydraulique à axe vertical du Canada s'est mise à tourner dans les eaux du Saint-Laurent, à la hauteur de Cornwall, en Ontario.

Ce prototype de 2,4 m de diamètre et d'une capacité de 20 kW a été construit par la compagnie *Nova Energy Ltd.* de Dartmouth, en Nouvelle-Écosse, pour le compte du Con-

seil national de recherches. Baptisé "turbodyne generator" par son inventeur Barry Davis de la *Nova Energy Ltd.*, le système comprend: une turbine munie de trois pales verticales qui tournent à près de 30 tours/min dans le courant; une boîte de vitesses et un générateur électrique. Une plateforme et deux pontons bien ancrés suspendent le tout dans l'eau et deux déflecteurs acheminent l'eau vers la turbine pour en augmenter la puissance.

Cette turbine présente plusieurs avantages par rapport aux systèmes classiques: rendement de l'ordre de 60% grâce à une conception éprouvée en laboratoire; coût modeste; peu de modifications du site environnant et souplesse du système qui peut facilement être déménagé ailleurs.

À la suite de nombreux tests dans un bassin spécialement aménagé du laboratoire d'hydraulique du CNRC, on a déclaré la turbine prête pour les essais en eaux libres. Le choix de la région de Cornwall comme site pour les premiers essais reflète certaines exigences du système: un courant d'au moins 1,5 m/s; une profondeur de 3 m; la facilité d'accès pour l'entretien ainsi que la proximité d'un réseau électrique, en l'occurrence la *Saint Lawrence Power*, une compagnie indépendante qui dessert la région de Cornwall.

Nova Energy Ltd. et le CNRC prévoient deux autres séries d'essais en eaux libres en Colombie-Britannique et dans les Maritimes au cours des deux prochaines années et l'avenir s'annonce prometteur pour la nouvelle turbine hydraulique canadienne.

Bourses Steacie du CRSNG

Créée pour honorer la mémoire d'un ancien président du CNRC, la Bourse commémorative E.W.R. Steacie est décernée chaque année à quatre jeunes chercheurs canadiens et sert à couvrir leur salaire pendant deux années pour leur permettre de se consacrer entièrement à la recherche. Cette prestigieuse bourse est oc-

troyée par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG). Les lauréats de cette année sont:

Le *Dr Kamilo Feher*, professeur de génie électrique à l'Université d'Ottawa. Spécialiste des télécommunications et ingénieur-conseil collaborant avec de nombreux organismes canadiens et étrangers, il a mis sur pied l'un des laboratoires de recherche les plus actifs au Canada sur les télécommunications par satellite et par micro-ondes.

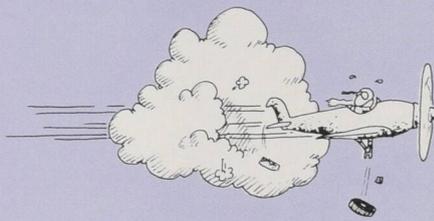
Le *Dr Noël James*, professeur de géologie à l'Université Memorial de Terre-Neuve, étudie les dépôts de carbonates dans les Appalaches, à Terre-Neuve, et en eaux profondes (à l'aide de sous-marins). Ces dépôts fournissent des indices précieux pour la localisation des minéraux et du pétrole brut.

Le *Dr Geraldine Kenney-Wallace*, professeur de chimie et de physique à l'Université de Toronto, étudie les réactions ultrarapides (à l'échelle de millionième de millionième de seconde) des molécules en milieu liquide. Ses travaux pourraient conduire à des applications dans le domaine de la micro-électronique, de l'optique et des communications.

Le *Dr Janet Rossant*, professeur agrégé au Département des sciences biologiques de l'Université Brock, et professeur associé au Département de pathologie de l'Université McMaster, se spécialise dans l'étude des interactions entre le fœtus et la mère. Ses recherches pourraient conduire à la mise au point de nouvelles méthodes de contraception et permettre de remédier à certaines causes d'infertilité humaine et de corriger certaines déficiences héréditaires chez le fœtus.



De gauche à droite: le Dr Noël P. James, Mme E.W.R. Steacie, le Dr Janet Rossant, le Dr Kamilo Feher, le Dr Geraldine A. Kenney-Wallace.



Nuages corrosifs

Le CNRC a accueilli en septembre dernier à Ottawa quelque 200 spécialistes américains de l'atmosphère à l'occasion du premier colloque organisé sur ce continent pour juger des méthodes actuellement appliquées à l'évaluation des effets des précipitations acides. La réunion canadienne, comme celle tenue précédemment à Stockholm, en Suède, a mis en lumière l'impact global des polluants industriels sur les environnements éloignés de leur source d'émission.

Il n'y a pas si longtemps, l'industrie sidérurgique et les autres industries représentant des sources majeures de pollution consacraient beaucoup d'argent à la protection de leur environnement immédiat en construisant de hautes cheminées à l'arrière de leurs complexes pour dissiper les gaz et les particules toxiques. Autrement dit, ils envoyaient leurs polluants ailleurs au gré des vents. Voilà déjà une technique qui ne sert pas les intérêts d'un pays mais qui, au-delà, crée un problème international lorsque les vents acheminent ces substances outre-frontières. Le Canada et les États-Unis déversent ensemble plus de 30 millions de tonnes d'oxyde de soufre annuellement dans leur atmosphère commune. Combinés à la pluie et à la neige, ces polluants tombent sur les forêts, ralentissant la croissance des arbres, et sur les lacs, tuant les poissons. La cheminée de la fonderie de Sudbury est la plus haute du monde et constitue la plus grande source ponctuelle d'oxyde de soufre en Amérique du Nord mais les deux tiers des précipitations acides au Canada nous viennent des industries de la vallée de l'Ohio et si nos deux pays souhaitent réduire la pollution, l'élimination des aérosols corrosifs est coûteuse et l'efficacité des solutions envisagées restent à démontrer. Il n'a, par ailleurs, pas encore été possible de passer à l'action parce

que l'information existante est incomplète et contradictoire.

La principale recommandation du colloque d'Ottawa vise la création d'un réseau national conçu pour que les chercheurs et les législateurs puissent évaluer leurs résultats en partant de références uniformes. Les centres de saisie des données, la formation des utilisateurs et le contrôle de la qualité ne représentent qu'un échantillon des nombreuses questions sur lesquelles les délégués souhaiteraient que l'on se penche d'urgence. Un des groupes de travail participant à la réunion a déclaré que ceux qui ont besoin de l'information n'ont pas encore une idée très claire des données qui leur sont *indispensables*.

Si l'on veut que les lacs et les forêts d'Amérique survivent au déluge annuel de pluie et de neige acides qui s'abat sur eux, il faut établir des normes sans tarder. Compte tenu de l'existence de plus d'une douzaine de réseaux canadiens, le groupe insiste sur l'urgence d'établir un programme d'assurance de la qualité qui pourrait être mis en place d'ici l'été 1983. Il demande également la participation active du CNRC, parce qu'il contribuerait par sa présence à créer l'atmosphère scientifique appropriée, et aussi parce que c'est l'organisme le mieux placé pour établir des liens avec les universités, le gouvernement et d'autres organismes internationaux.

L'oeil-robot

Un groupe de chercheurs de l'Université de la Colombie-Britannique, dirigé par le Dr Alan Mackworth, a mis sur pied un laboratoire de vision artificielle. Ce groupe, représentant des disciplines aussi diverses que l'informatique, la foresterie, l'astronomie et la pathologie, se propose d'utiliser les ordinateurs pour reproduire, voire surpasser la capacité du cerveau humain d'interpréter des données visuelles.

Une subvention de lancement de 400 000 dollars du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) a permis l'acquisition du matériel nécessaire et on travaille présentement à la conception des programmes qui permettront à l'ordinateur d'interpréter l'information visuelle. Un de ceux-ci, MAPSEE,

permet à l'ordinateur de reconnaître les tracés d'une carte: ponts, rivières, rives et routes. Pour y parvenir, l'ordinateur doit suivre la même démarche que celle qu'utilise notre cerveau. MAPSEE distingue les routes des rivières parce qu'il "sait" que les routes "franchissent" les rivières aux ponts, que les rivières font communiquer les lacs avec les rives et que les routes relient les villes entre elles.

Des chercheurs se servent du nouveau laboratoire pour dresser des cartes célestes à partir de données numériques transmises par radio-télescope; d'autres, sous la direction du Dr Bob Woodham, pour étudier différentes méthodes d'évaluation visuelle des ressources forestières; d'autres, enfin, pour la gestion des ressources naturelles et la lutte contre la pollution.

TRIUMFER du cancer

L'imposant cyclotron TRIUMF, situé à Vancouver et subventionné par le CNRC, offre désormais une nouvelle arme contre le cancer. Il s'agit d'un faisceau de particules appelées pions qui devrait permettre d'acheminer une plus grande quantité d'énergie thérapeutique au sein des tumeurs profondes que les méthodes d'irradiation classiques.

Les ravages occasionnés par les cellules cancéreuses sont dus à leur reproduction anarchique, qui les rend également plus vulnérables que les cellules saines aux radiations nocives pour le matériel génétique (ADN). Avec les isotopes comme le cobalt 60 utilisé dans les méthodes classiques, on sature à la fois les tumeurs et les tissus sains avoisinants de particules accélérées en se fondant sur le postulat que les cellules malades seront plus affectées du fait de leur plus grande activité reproductrice. Toutefois, la majeure partie de cette énergie ne pénètre qu'à quelques centimètres de profondeur et a peu d'effet sur les tumeurs profondes. Il faut donc, pour détruire les cellules cancéreuses, augmenter l'énergie du faisceau, mais on occasionne du même coup des lésions aux tissus sains. Inversement, une énergie moins élevée préserve l'intégrité de ces derniers mais elle ne permet pas d'atteindre les cellules cancéreuses.

Heureusement, les pions produits par l'accélérateur de particules de

Vancouver ont une 'action destructrice en profondeur', c'est-à-dire qu'ils traversent les cellules normales sans les endommager, réservant toute leur énergie destructrice pour la tumeur visée. En effet, ces particules voyagent à une vitesse proche de celle de la lumière. De plus, étant donné la brièveté de leur existence et leur vitesse de propagation, elles n'ont le temps de parcourir que quelques mètres avant d'atteindre le point où elles réagiront avec le milieu. Ce point de contact étant connu, il suffit d'orienter soigneusement le malade de sorte que la tumeur-cible se trouve exactement à l'endroit où les pions auront l'effet maximal. En somme, contrairement au cobalt, les pions épargnent les tissus sains parce que la presque totalité de l'énergie thérapeutique de ces particules peut être libérée avec une très grande précision à la profondeur désirée.

Détection d'un trou noir

Les astronomes David Crampton et John Hutchings, de l'Observatoire fédéral d'astrophysique du CNRC, et leur collègue américaine Anne Cowley, de l'Université du Michigan, ont découvert ce qui est à ce jour le meilleur candidat 'trou noir'. Ces objets bizarres seraient invisibles (leur champ gravitationnel empêchant même la lumière de s'échapper) s'ils n'aspiraient pas de la matière d'une étoile voisine pour devenir de spectaculaires dynamos naturelles, trahissant leur position par l'émission de rayons X caractéristiques.

L'atmosphère terrestre filtrant ces rayons X, le groupe canado-américain a dû commencer par étudier les sources X émettrices décelées par des satellites. Il s'est ensuite servi du réflecteur de 4 m de l'Observatoire de Cerro Tololo, au Chili, pour essayer de découvrir des 'contreparties optiques', c'est-à-dire des objets visibles coïncidant avec ces sources X. L'une de celles-ci, LMC X3, coïncidait effectivement avec une étoile massive et chaude, quoique normale, se trouvant dans le Grand Nuage de Magellan (petite galaxie en orbite autour de notre propre Voie lactée).

Après avoir observé que cette source de rayons X décrivait une orbite de 41 heures autour de ce compagnon visible, les astronomes

calculèrent qu'elle devait avoir au moins dix fois la masse de notre soleil et qu'elle était donc beaucoup trop massive pour être une étoile à neutrons, seule autre source possible de son rayonnement X. La seule explication possible: il s'agit bel et bien d'un trou noir, le deuxième qu'on ait jamais observé. (On ne connaît qu'un seul autre objet semblable, Cygni X1, découvert dans notre galaxie il y a plus de dix ans.)

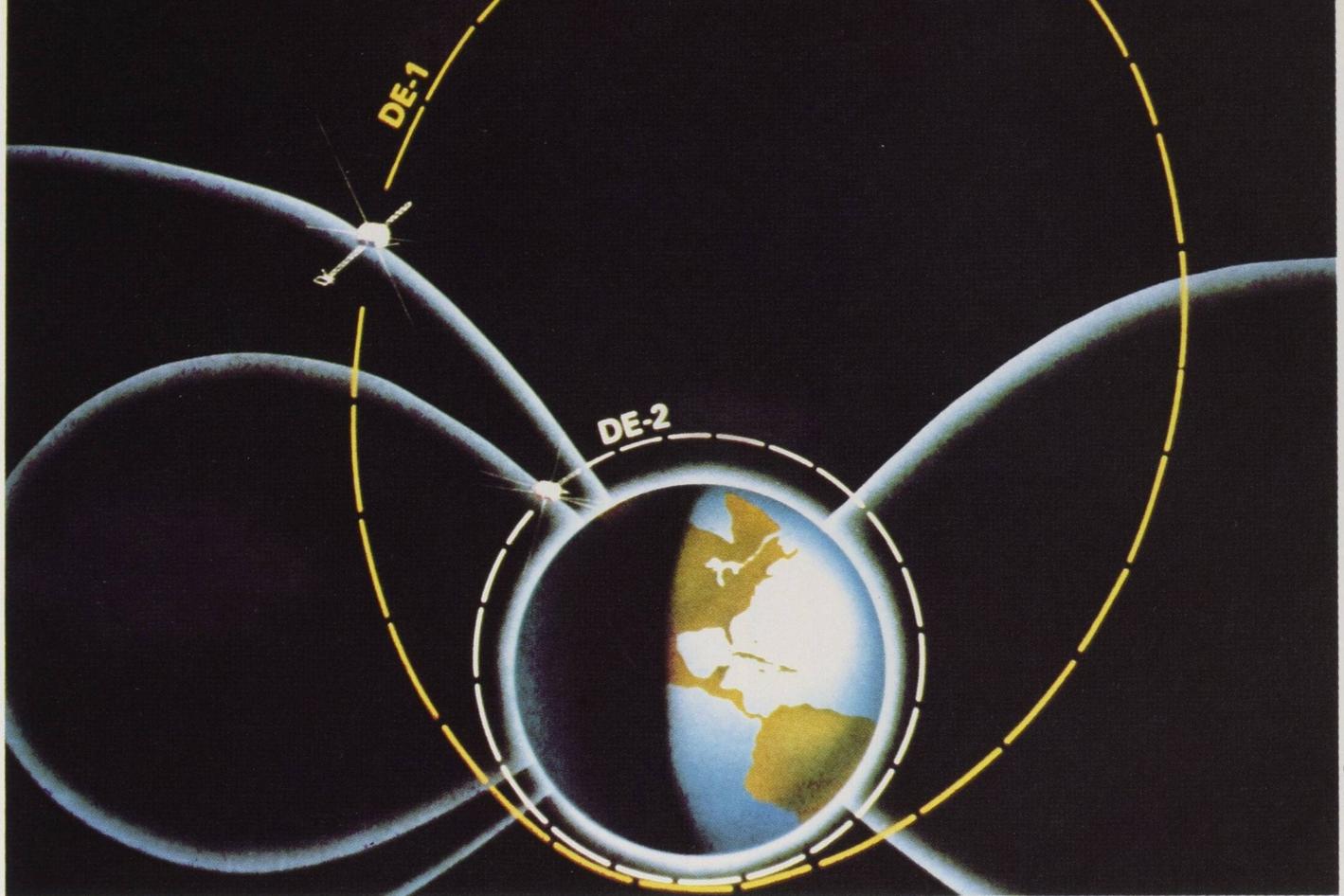
Tous les dix ans

Si le bois de vos murs extérieurs est revêtu d'un enduit transparent, il y a de grandes chances qu'il vous faudra le refaire cinq fois en l'espace de vingt ans. Il se pourrait toutefois que cette fréquence soit réduite de moitié si un nouvel enduit mis au point par le Conseil national de recherches est commercialisé. Sa durabilité est en effet de 50% supérieure à celle du vernis phénolique le plus résistant que l'on puisse actuellement trouver sur le marché.

H.E. Ashton et ses collègues de la Division de recherches en bâtiment du CNRC s'attaquèrent au problème en enduisant des échantillons de bois avec différents produits de finition courants et en étudiant leur résistance aux intempéries. Au cours de ces essais, le groupe d'Ashton a également étudié en laboratoire les propriétés des éléments constitutifs de ces produits de finition. Leur objectif était d'obtenir un enduit de meilleure qualité, c'est-à-dire souple, résistant, qui n'absorbe pas l'eau et qui soit en même temps opaque au rayonnement ultraviolet responsable de l'écaillage. Le nouvel enduit représente un compromis optimal entre toutes ces propriétés. Une exposition accélérée aux intempéries montre que la nouvelle formule devrait permettre d'attendre six ans avant qu'il soit nécessaire de reprendre l'enduit d'une maison, alors que l'intervalle est actuellement de quatre ans.

Le CNRC négocie actuellement avec les deux plus grandes compagnies canadiennes de peinture pour l'octroi des droits de fabrication de ce produit de finition plus résistant qui devrait arriver sur le marché d'ici un an.





L.A. Frank, J.D. Craven

Nouveau regard sur notre planète

par Michel Brochu

En août 1981, la NASA plaçait sur orbite polaire le satellite Dynamics Explorer 1, engin spatial muni de trois caméras spécialement conçues pour l'observation des aurores boréales. Atteignant un apogée de 25 000 km au-dessus du pôle Nord, ce satellite a permis d'obtenir des photographies remarquables de notre planète; le Dr L.A. Frank, directeur du groupe de recherche de l'Université de l'Iowa qui a conçu et construit ses caméras, en présentait récemment quelques-unes à un auditoire de chercheurs du CNRC.

L'aspect le plus inusité des caméras de l'Université de l'Iowa est le fait qu'elles sont capables de photo-

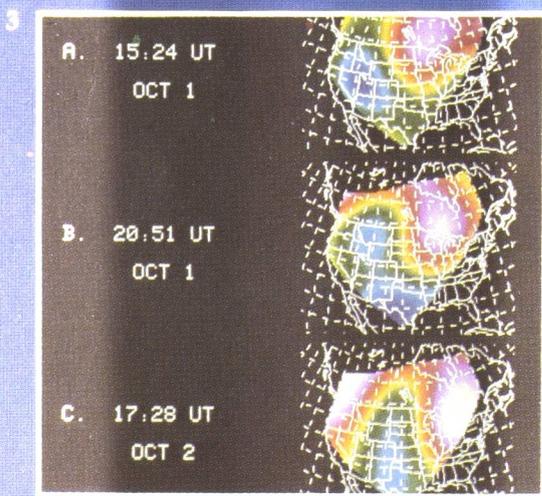
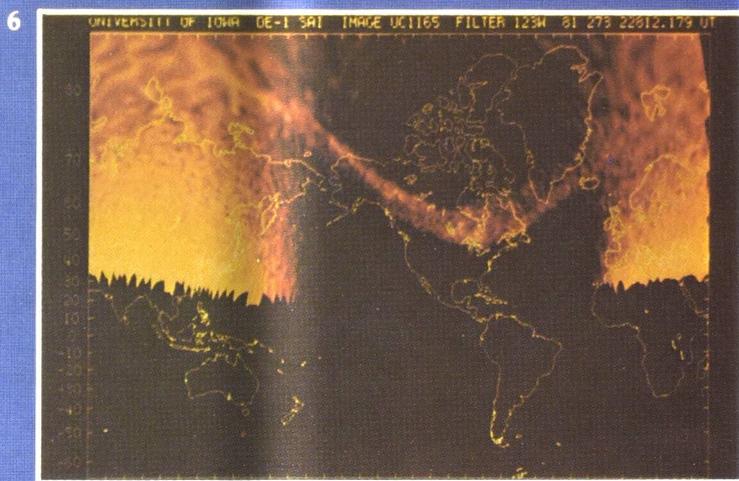
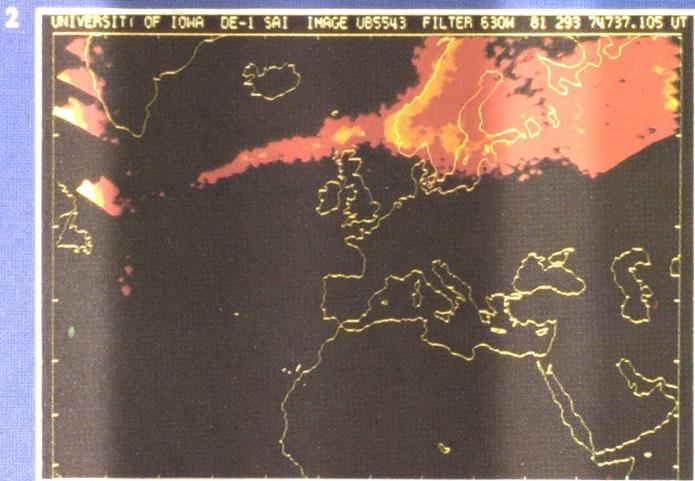
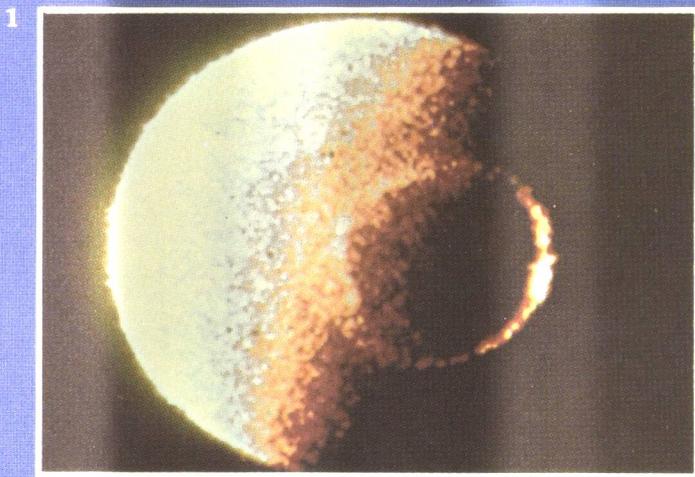
graphier des phénomènes très peu lumineux, comme une aurore boréale, sans être instantanément détruites par la lumière un million de fois plus brillante du "clair de Terre" (lumière solaire réfléchiée par la Terre). C'est un peu comme si vous vouliez photographier la cigarette du conducteur d'une automobile qui fonce sur vous par une nuit sombre en vous éblouissant de ses phares. Fonctionnant un peu à la manière d'une caméra de télévision, les caméras du satellite Dynamics Explorer 1 balayaient la scène observée ligne par ligne; un circuit électronique protecteur coupe les signaux électriques trop intenses correspondant à des parties trop brillantes de l'image

Le satellite Dynamics Explorer 1 a été placé sur un orbite très elliptique dont l'apogée était initialement situé à 25 000 km au-dessus du pôle Nord, ce qui permettait d'effectuer des observations dans l'hémisphère nord pendant près de cinq heures consécutives. Au cours des vingt derniers mois, l'apogée de ce satellite s'est décalé peu à peu vers le sud et se situe maintenant au-dessus du pôle Sud, ce qui lui permet de photographier l'aurore australe, phénomène analogue à l'aurore boréale et qu'on observe dans l'hémisphère sud. Un second satellite, baptisé Dynamics Explorer 2, évolue sur une orbite quasi circulaire et beaucoup plus basse; il sert à effectuer des mesures sur les perturbations électriques et d'autres phénomènes qui affectent la haute atmosphère.

avant qu'ils n'endommagent la caméra. C'est pourquoi la partie de la Terre éclairée par le Soleil, sur la figure 1, est blanche et sans relief.

Deux des caméras prennent des photographies dans le visible et la troisième opère dans l'ultraviolet. Toutes les photos (sauf la figure 4) ont été prises dans l'ultraviolet et sont présentées en fausses couleurs.

En même temps qu'elle plaçait le satellite Dynamics Explorer 1 sur une orbite elliptique, la NASA lançait un deuxième satellite, baptisé Dynamics Explorer 2, sur une orbite circulaire beaucoup plus basse, en vue d'observer les perturbations électriques et certaines autres propriétés de la haute atmosphère. Le



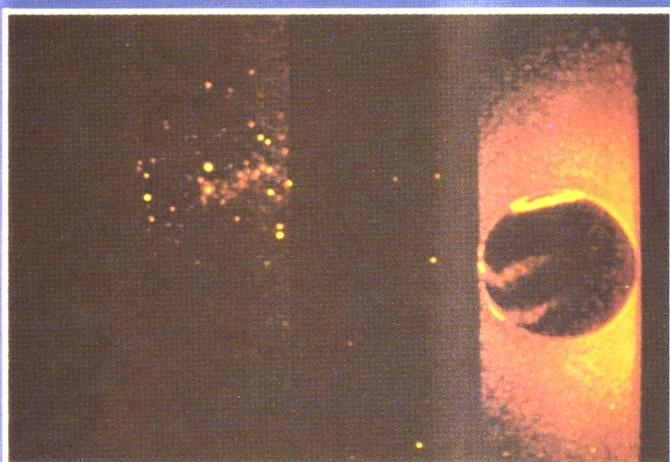
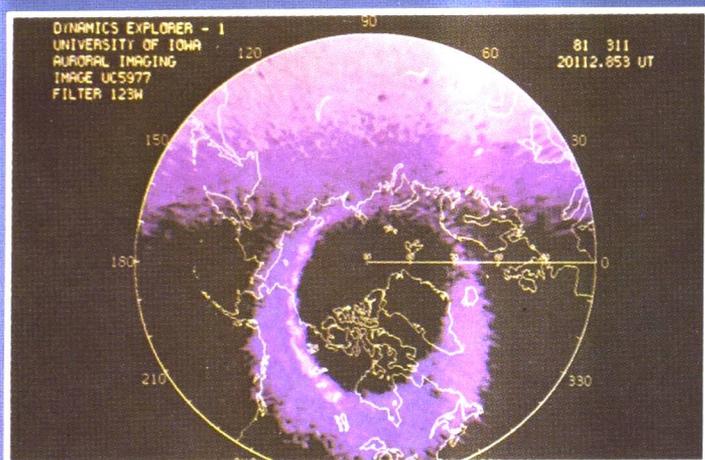
1 — Non, il ne s'agit pas de la base spatiale du traître Darth Vader dans *La guerre des étoiles* mais plutôt d'une vue inusitée de notre planète, couronnée par une aurore boréale et observée par la caméra d'un satellite placé à haute altitude au-dessus du pôle Nord. Cette photographie prise dans l'ultraviolet est l'une des premières images de la totalité d'une aurore boréale jamais obtenues et elle a fait la page couverture de nombreuses publications en 1981. La plupart des gens ont déjà observé des aurores boréales, sous la forme de draperies de lumière diaphanes dessinant des arabesques dans le ciel nordique, mais ce n'est que tout récemment que la véritable forme de l'aurore s'est révélée à la Science: un immense ovale couronnant la calotte polaire et s'étendant de la Sibérie au Canada.

2 — Dans cette photo en fausses couleurs de l'aurore boréale de la figure 4, prise à la longueur d'onde (rouge) de l'oxygène atomique, un code de couleur correspond aux diverses intensités, les zones les plus brillantes étant représentées en orange. La superposition très étroite de la partie la plus intense de l'aurore avec la côte norvégienne est particulièrement évidente sur cette illustration qu'un ordinateur a dessinée en projection de Mercator (système cartographique communément utilisé pour la production des cartes géographiques).

3 — Répartition globale de la couche d'ozone au-dessus des États-Unis et du Canada. Bien qu'elle exige de nombreuses opérations de traitement des données par ordinateur, la mesure de la concentration de l'ozone atmosphérique illustrée ici s'appuie sur un principe très simple: le rayonnement ultraviolet solaire diffusé par l'hémisphère de la Terre où il fait jour est photographié à deux longueurs d'onde dont l'une est fortement atténuée par la couche d'ozone atmosphérique. En comparant l'intensité de la lumière ultraviolette diffusée à ces deux longueurs d'onde, les scientifiques sont à même de dresser une véritable "carte météorologique" de la concentration d'ozone. Sur les photographies présentées ici, les zones à faible concentration d'ozone sont en bleu et la concentration d'ozone augmente en passant du vert au jaune, au rouge, au rose et enfin au blanc. Au cours de la journée couverte par cette série de trois photographies, un système atmosphérique à forte concentration d'ozone s'est déplacé du Minnesota à l'Est du Canada.

4 — Cette photographie intrigante, prise le 20 octobre 1981, montre un arc auroral traversant l'Atlantique et remontant le long de la côte norvégienne. On ignore si cette superposition d'une aurore et d'un littoral côtier est le fait du hasard ou si ce phénomène implique une relation de cause à effet.





L.A. Frank, J.D. Craven

5 — Mystérieux sourire. Cette figure tracée par une aurore fait penser au Chat de Chester, en voie de disparition et dont il ne subsistait que le sourire dans le conte de Lewis Carroll intitulé *Alice au pays des merveilles*. Cette aurore peu intense, en période "d'accalmie solaire", contraste fortement avec la tempête aurorale illustrée sur notre page de couverture.

6 — Pendant la nuit du 30 septembre 1981, une forte aurore boréale couvrait la plupart des régions au sud du Canada et fut photographiée dans l'ultraviolet par le satellite Dynamics Explorer 1. Dans cette projection de Mercator, le soleil se lève en Europe et se couche dans la partie est de la Sibérie. Étant donné que cette photographie a été prise dans l'ultraviolet, longueur d'onde fortement absorbée par l'atmosphère terrestre, la lumière ultraviolette solaire réfléchi par le sol est très atténuée et ne masque pas la lumière beaucoup moins intense émise par l'aurore.

7 — Intense aurore boréale couvrant presque tout le Canada et l'Alaska, le 7 novembre 1981. Il fait jour en URSS (au sommet de la photo) et il est minuit, heure locale, à la longitude du lac Supérieur. Cette aurore s'étend de Chicago à la partie supérieure de la baie d'Hudson, sur une largeur de quelque 2 100 km. Photographie prise dans l'ultraviolet.

8 — Triptyque montrant quelques aspects spectaculaires de notre planète, photographiés dans l'ultraviolet par les caméras de Dynamics Explorer. On y voit une aurore boréale, couronnant la Terre dans le panneau de droite, et plusieurs sources ultraviolettes stellaires. La nappé orangée qui enveloppe la Terre est un nuage ténu d'hydrogène atomique diffusant le rayonnement solaire. Image obtenue le 16 février 1982.

lancement de ces deux satellites est un élément d'un programme à long terme visant à étudier l'interaction du flux de particules chargées qui émane du Soleil (vent solaire) avec la région de l'espace influencée par le champ magnétique terrestre. On sait maintenant que ce vent solaire et le champ magnétique terrestre forment une gigantesque génératrice électrique naturelle (produisant neuf fois plus d'électricité que n'en consomment les États-Unis): l'aurore boréale, sorte de tube au néon naturel, est la manifestation la plus spectaculaire de ces décharges électriques cosmiques.

Comme on le voit dans ce photo-reportage, le satellite Dynamics Explorer 1 a tourné ses pupilles ultraviolettes sur d'autres objets. Il a notamment permis de photographier la nuée d'hydrogène atomique entourant notre planète et la couche d'ozone atmosphérique qui nous protège du dangereux rayonnement ultraviolet solaire.



Dans son périple autour de notre planète, Dynamics Explorer 1 fait bien plus que de simplement prendre des photographies dans l'ultraviolet. Ce satellite transporte six groupes d'instruments scientifiques dont un spectromètre de masse du plus grand intérêt pour deux chercheurs du CNRC, les Drs Brian Whalen et Andrew Yau. Travaillant au sein de l'Institut Herzberg d'astrophysique à Ottawa, ces deux spécialistes des sciences spatiales font partie d'un groupe de recherche canado-américain qui étudie la composition des ions hautement énergiques du plasma qui entoure la Terre. L'orbite du satellite Dynamics Explorer 1 lui permet de parcourir une région de l'espace qui avait été peu couverte par les satellites lancés auparavant, ce qui permet à l'équipe dirigée par la NASA d'étudier la dynamique des processus électriques qui interviennent dans l'environnement spatial de la Terre à haute latitude. Nous couvrirons ce sujet plus en détail dans un numéro ultérieur de *Dimension Science*.

The background of the entire page is a dark, grainy image of a cosmic field, likely a galaxy cluster or a similar astronomical phenomenon. It features a gradient from dark blue/purple at the top to a lighter, hazy glow at the bottom. Two prominent, glowing orange-red arrows originate from the bottom left and point towards the top right. One arrow passes through a circular inset showing a dense field of galaxies, while the other passes through a circular inset showing a more diffuse, cloud-like structure. A yellow arrow also points from the top left towards the right, passing between the two circular insets. The overall composition suggests a theme of cosmic expansion or evolution.

**L'âge
de
l'univers**

Une remontée dans le temps jusqu'au *big bang* initial

par David Peat

Adaptation française: Line Bastrash



Croton/Linn

On voit ici le Dr Sydney van den Bergh devant le télescope doté d'un réflecteur de 1,8 m et situé près de Victoria, C.-B. Cet instrument, le plus puissant du monde au moment de son achèvement en 1918, a permis de confirmer la loi de Hubble, c'est-à-dire le rapport existant entre la distance d'un objet céleste et sa vitesse de fuite.

À chaque seconde, l'espace "s'étend" entre les amas de galaxies de l'univers, la matière se fait de plus en plus ténue. La flèche rouge sur ce schéma correspond à la "ligne de temps"; elle n'indique ni la position ni la direction mais simplement l'écoulement du temps. À l'heure actuelle, les galaxies sont séparées par des distances énormes et tendent à s'éloigner de plus en plus les unes des autres. En remontant le temps, c'est-à-dire en partant de l'origine du mouvement d'expansion décrit par Hubble, les astronomes sont arrivés à la conclusion que, il y a dix ou vingt milliards d'années, toute la matière dont l'univers est présentement constitué était comprimée à un tel degré qu'elle formait ce qu'ils appellent une "singularité" de densité infinie et de dimension nulle. Puis, cette singularité se mit à prendre de l'expansion: ce fut le *big bang*. En règle générale, notre galaxie tend à s'éloigner de plus en plus des galaxies voisines. Il y a toutefois des exceptions à cette règle; ainsi, la force gravitationnelle (flèche jaune) de l'énorme amas Virgo voisin attire la Voie lactée dans sa direction et estompe les effets du mouvement d'expansion de Hubble. Grâce à une détermination plus précise de ce "déplacement net" de notre galaxie vers l'amas Virgo, Sidney van den Bergh a réussi à obtenir une meilleure valeur de la constante de Hubble.

Un astronome de l'Observatoire fédéral d'astrophysique du CNRC, à Victoria, C.-B., a récemment soulevé un intérêt considérable parmi ses collègues en publiant le résultat de ses travaux sur la détermination d'un paramètre fondamental en astronomie: la constante de Hubble. Ce paramètre revêt une importance particulière du fait qu'il permet aux astronomes d'estimer l'âge de l'univers. La nouvelle valeur de la constante de Hubble calculée par le Dr Sidney van den Bergh conduit à une estimation élevée de l'âge de l'univers (l'univers serait plus âgé qu'on ne le supposait) et tient compte de l'influence exercée sur notre galaxie, la Voie lactée, par un amas galactique proche. À mesure que l'univers prend de l'expansion, emportant avec lui notre galaxie, nous nous rapprochons de l'énorme amas Virgo; ce facteur qui influe sur la vitesse de notre galaxie est important pour la détermination d'une valeur réaliste de la constante de Hubble.

Pour comprendre ce qu'est la constante de Hubble et ce qu'elle vient faire dans la détermination de l'âge de l'univers, faisons un peu d'histoire et voyons comment les astronomes sont parvenus à évaluer les dimensions, la distance et l'âge des objets qu'ils observaient dans le ciel nocturne. Au début du siècle, Vesto Slipher, du *Lowell Observatory*, dans l'Arizona, découvrit que la lumière émise par des objets qu'on appelait à l'époque des "nébuleuses spirales" se comportait de façon étrange. En effectuant l'analyse spectrale de ces objets, c'est-à-dire en réalisant la séparation des couleurs du spectre (l'arc-en-ciel

créé par la lumière solaire traversant un prisme est un exemple familier de spectre), il constata que certaines raies associées à des éléments atomiques connus ne correspondaient pas au spectre normal de ces éléments mais qu'elles étaient pour la plupart décalées vers le rouge.

Les astronomes qui tentèrent d'interpréter ces observations s'aperçurent vite que ce décalage était dû à ce que les physiciens appellent l'effet Doppler. Cet effet est celui que l'on observe dans le son du sifflet d'une locomotive: le sifflement d'un train qui approche est "comprimé" et conséquemment plus aigu, tandis que le sifflement d'un train qui s'éloigne est "étiré" et rend un son plus grave. En attribuant les décalages observés par Slipher à un effet Doppler (fait aujourd'hui établi), ils affirmaient que les caractéristiques de la plupart de ces nébuleuses pouvaient être assimilées à celles d'un train qui s'éloigne et que, par conséquent, ces nébuleuses devaient, elles aussi, s'éloigner.

Au début des années trente, l'astronome Edwin Powell Hubble fut le premier à établir une relation entre le décalage vers le rouge du spectre d'un objet et son éloignement de la Terre: plus un objet est éloigné, plus sa vitesse de fuite est grande et plus son spectre est décalé vers le rouge. Hubble démontra également que le rapport entre la distance et la vitesse d'un objet était constant quelle que soit la nébuleuse observée. Cette constante, que Hubble désignait simplement par la lettre *k* dans ses publications, porte aujourd'hui le nom de constante de Hubble, ou H_0 . Algébriquement, ce rapport s'exprime de la façon

suivante: $V = H_0 D$, où V est la vitesse de fuite de l'objet observé et D , sa distance. La mise au point de télescopes plus puissants et plus perfectionnés a permis de mieux comprendre la structure des nébuleuses dont le spectre est décalé vers le rouge, confirmant les théories de Hubble. Il s'agit non pas d'agglomérats de poussière ou d'étoiles à l'intérieur de la Voie lactée mais de galaxies distinctes de la nôtre, aussi nombreuses que les cellules du corps humain ou que les étoiles au sein d'une même galaxie.

naissance à la théorie de l'expansion de l'univers, qui est à la base de la cosmologie, et ont ouvert la voie à l'explication théorique des origines de l'univers au moment où les équations d'Einstein permettaient de décrire la structure d'un univers en expansion.

Avant d'expliquer comment l'on calcule la constante de Hubble et de quelle façon l'Observatoire fédéral d'astrophysique a contribué à en préciser la valeur, essayons de voir comment cette constante et le décalage vers le rouge d'un objet



Observatoire Hale

Leurs distances sont telles qu'il est impossible à l'esprit humain de se les imaginer. Ces galaxies voyagent dans l'espace sous forme d'amas, eux-mêmes regroupés en superamas. Chaque groupe d'étoiles peut contenir jusqu'à 200 milliards de soleils. En outre, ces grands amas galactiques semblent s'éloigner de façon uniforme les uns des autres.

Ces découvertes, associées aux observations de Hubble, ont donné

La Grande Nébuleuse d'Andromède fait partie d'un amas de galaxies voisin de notre Voie lactée et connu sous le nom de Groupe local. Si l'on pouvait observer notre galaxie de l'extérieur, elle ressemblerait probablement à ceci: des centaines de milliards de soleils répartis dans une spirale ayant un diamètre de plusieurs dizaines de milliers d'années de lumière.

Observatoire Hale

Les observations d'Edwin Hubble ont confirmé une prédiction de la théorie de la relativité générale d'Einstein qui avait tellement étonné ce dernier qu'il refit ses calculs pour en effacer toute trace. Mais Einstein ne s'était pas trompé et qualifia son "abjuration" de "plus grande bourde de ma vie". Hubble, que l'on voit ici à la fin de sa vie, n'a pas seulement contribué à confirmer la théorie de l'expansion de l'univers mais il a également mis au point un système de classification des galaxies qui est encore en usage aujourd'hui.

astronomique s'intègrent à la théorie couramment acceptée sur les origines de l'univers, celle du *big bang*. Selon les cosmologues modernes, l'univers actuel résulterait de l'explosion d'une boule de feu minuscule mais dotée d'une énergie immense. Au cours des premières secondes qui marquèrent la formation de cette boule de feu primordiale, le matériau qui allait servir à



former l'univers fut créé en état d'expansion. Dix billionnièmes de seconde plus tard, tout ce qui existe aujourd'hui: arbres, océans, matière et antimatière, étoiles et superamas, occupait un volume pas plus gros que celui d'un électron. C'était tout ce qu'il y avait. Rien d'autre n'existait que cet électron-cosmos, pas même l'espace. Même le vide est un produit de cette explosion puisqu'il est lui aussi en expansion.

Mais le *big bang* n'était pas une explosion ordinaire où des particules de matière sont expulsées d'un point central. Selon l'explication théorique, c'est l'espace lui-même qui serait en expansion et qui emporterait cette matière avec lui. Le *big bang* n'aurait par conséquent aucun point d'origine dans l'espace mais se trouverait paradoxalement partout.

Pour prendre une image simple, on peut se représenter l'univers comme un ballon que l'on gonfle, les étoiles et les galaxies étant disséminées sur sa surface. Les galaxies elles-mêmes demeurent au même endroit dans l'espace (c'est-à-dire à la surface du ballon), mais elles s'éloignent les unes des autres à mesure que l'espace prend de l'expansion. Par conséquent, selon la théorie du *big bang*, l'univers n'aurait pas de centre et pas de frontières.

La nature du décalage vers le rouge et l'équation de Hubble peuvent également être expliquées à partir de l'image du ballon. Certaines galaxies sont si éloignées que leur lumière prend des dizaines de millions et même des milliards d'années à nous parvenir. La lumière actuellement reçue par le télescope correspond à la lumière qui a quitté l'objet à une époque où l'univers était plus petit qu'il ne l'est aujourd'hui. Au cours de son voyage à travers l'espace en expansion, cette lumière a été "étirée"; un tel étirement des ondes lumineuses se traduit par un décalage des raies

spectrales vers le rouge sur le spectrogramme de l'objet.

Toujours en nous référant à l'image du ballon, il est également possible de comprendre pourquoi la vitesse d'une galaxie est directement proportionnelle à sa distance: en effet, quelle que soit la galaxie où se situe l'observateur, les galaxies les plus éloignées à la surface du ballon seront celles qui se déplaceront le plus rapidement.

L'une des conséquences les plus importantes de la théorie de l'expansion de l'univers à partir d'un *big bang* initial, c'est qu'elle permet de remonter dans le temps à partir de l'état actuel de l'univers jusqu'à son origine et de calculer le temps écoulé



depuis le début de son expansion. En calculant la distance qui nous sépare d'une galaxie et en la divisant par sa vitesse, nous obtenons le temps écoulé depuis le moment où les deux galaxies "se touchaient", c'est-à-dire depuis le *big bang*. Le résultat obtenu correspond à l'âge de l'univers. Mais ce résultat, qui n'est rien d'autre que la réciproque de la constante de Hubble ($1/H_0$), n'est valable que si la valeur de H_0 est demeurée inchangée depuis le début de l'expansion de l'univers. Parce qu'il existe d'autres façons de déterminer l'âge de l'univers, on parlera du "temps d'expansion" ou du "temps de Hubble" lorsqu'on référera à cette valeur particulière.

Les astronomes aimeraient bien savoir si la constante de Hubble est réellement constante ou si elle varie en fonction du temps écoulé. Si celle-ci est constante, alors l'univers est en expansion à une vitesse

uniforme et, présumément, pour toujours; toutefois, si l'expansion de l'univers subit une décélération, la valeur de H_0 en sera modifiée. Dans l'avenir, l'observation de galaxies très éloignées (dont la lumière a commencé à voyager dans l'espace il y a beaucoup plus longtemps) nous permettra de déterminer si la valeur de H_0 varie en fonction du temps. S'il y a décélération, pensent les cosmologues, l'univers pourrait éventuellement cesser son expansion et même amorcer le mouvement inverse. Dans un tel cas, l'univers est peut-être appelé à se contracter de nouveau et à retourner à son état initial de boule de feu, en préparation d'un autre *big bang*. L'étude de la constante de Hubble pourrait permettre aux cosmologues de prédire le sort de l'univers.

La constante de Hubble revêt par conséquent une importance primordiale; sa détermination pose toutefois un véritable problème aux astronomes. Le calcul de la vitesse d'un objet astronomique ne pose pas de problème en soi; il suffit de mesurer le décalage vers le rouge du spectre enregistré sur une plaque photographique attaché au télescope de l'observatoire. La principale difficulté consiste à déterminer la distance de l'objet observé. À l'exception des étoiles les plus proches, cette distance ne peut être mesurée directement et il nous faut pour l'obtenir recourir à un certain nombre de déductions et d'hypothèses qui, malheureusement, n'aboutissent pas toujours à des résultats identiques. Une fois que la distance et la vitesse de fuite ont été déterminées, il suffit de résoudre l'équation de Hubble pour obtenir la valeur de H_0 .

En examinant les diverses hypothèses utilisées pour calculer cette distance et en comparant les différentes valeurs de H_0 ainsi obtenues, le Dr Van den Bergh a pu procéder à un certain nombre de corrections qui lui ont permis d'obtenir une valeur plus juste de la constante de Hubble.

Un simple regard sur le ciel nocturne nous donne une idée de l'ampleur du problème. On y distingue un nombre infini de minuscules points lumineux dont il est bien difficile d'évaluer la distance. L'un des moyens d'y parvenir consiste à

Les étoiles se regroupent pour former des galaxies; les galaxies, des groupes; les groupes, des amas et les amas, des superamas. Cet amas, dans la constellation d'Hercule, est composé de plusieurs centaines de galaxies distinctes, de configurations variées. Les objets "rayonnants" que l'on aperçoit à l'avant-plan sont des étoiles situées dans notre propre galaxie.



Observatoire Hale

mesurer la brillance ou luminosité de chacun et à appliquer une loi bien connue de la physique, celle de l'inverse carré. Selon celle-ci, la luminosité d'un objet astronomique décroît en fonction du carré de sa distance. Ainsi, un objet qui nous paraît trois fois plus brillant qu'un autre ayant la même luminosité intrinsèque se trouve, d'après cette loi, à une distance neuf fois moindre. Une étoile ayant une luminosité comparable à celle d'un soleil moyen mais située dans notre voisinage (Alpha du Centaure, distante d'environ 4 années de lumière, est aussi brillante que le Soleil) peut nous paraître aussi brillante qu'une étoile extrêmement lumineuse mais éloignée (Rigel, située à 900 années de lumière, a une luminosité 60 mille fois supérieure à celle du Soleil).

Pour obtenir la distance d'un objet à l'aide de la loi de l'inverse carré, les astronomes doivent d'abord déterminer sa luminosité *intrinsèque*, c'est-à-dire la quantité de lumière qu'il émet. Un moyen d'y parvenir consiste à se servir des céphéides comme indicateurs de distance. Les céphéides sont des étoiles dont la luminosité varie à l'intérieur d'une

période pouvant aller de quelques jours à plusieurs semaines. L'étoile polaire en est un exemple: sa luminosité croît et décroît à l'intérieur d'un cycle de quatre jours. Plus ce cycle est lent, plus la luminosité de la céphéide est grande. Les astronomes peuvent donc déduire la luminosité intrinsèque d'une céphéide à partir de son cycle pour ensuite la comparer à sa luminosité apparente et, à l'aide de la loi de l'inverse carré, calculer sa distance par rapport à la Terre. Pour des distances plus grandes, les astronomes se servent des galaxies elles-mêmes comme indicateurs de distance.

Par ailleurs, des observations récentes, effectuées par Brent Tully et Richard Fisher, indiquent que la luminosité d'une galaxie augmente avec sa vitesse de rotation. Ces observations nous fournissent une deuxième méthode pour déterminer la luminosité d'une galaxie et, partant, sa distance. Un problème demeure cependant: ces différents paramètres comportent de nombreuses possibilités d'erreur et un grand nombre de corrections seront nécessaires avant de parvenir au

Collision cosmique. À la suite d'une collision entre deux énormes galaxies, ces étoiles ont été éparpillées dans l'espace comme des débris. Règle générale, les objets célestes ont tendance à s'éloigner les uns des autres; cependant, les mêmes variations dans la répartition de la matière céleste qui sont à l'origine de la formation des superamas peuvent également favoriser des rencontres comme celle-ci.

résultat final. Il en est ainsi, par exemple, des valeurs obtenues pour les céphéides, groupe d'étoiles ayant une faible luminosité et une courte période, qui devront être extrapolées pour des étoiles de luminosité plus grande et de plus longue période.

Averti de ces nombreux facteurs d'erreur, le Dr Van den Bergh a pu procéder à un examen attentif des différents paramètres pour en déceler les lacunes et les inexactitudes et, de cette façon, parvenir à une valeur plus juste de H_0 et à une meilleure évaluation de l'âge de l'univers. Un de ces paramètres astronomiques a été corroboré par les observations du Dr R.D. McClure, autre astronome de l'observatoire, sur l'amas des Hyades. Ces observations ont indiqué que certaines des distances cal-

culées antérieurement devaient être accrues de presque 10%; toutefois, ce qui intéresse particulièrement Van den Bergh dans ces observations, c'est qu'elles lui ont permis de mieux évaluer la vitesse à laquelle notre galaxie, la Voie lactée, se rapproche du "superamas" observé dans la direction de la constellation de la Vierge.

La représentation d'un univers en expansion sous forme d'un ballon que l'on gonfle est cependant très éloignée de la réalité puisque les galaxies se déplacent librement. Tout comme le Soleil et les planètes à l'intérieur du système solaire, les galaxies sont réciproquement influencées par leur champ gravitationnel; des galaxies avoisinantes auront donc tendance à se rapprocher pour former des amas. De tels amas peuvent contenir des milliers de galaxies et leur diamètre se mesure parfois en millions d'années de lumière. Au sein de groupements aussi massifs, la force gravitationnelle provoque le rapprochement des galaxies à des vitesses de l'ordre de plusieurs milliers de kilomètres par seconde. Le mouvement de ces galaxies est par conséquent très complexe: en même temps qu'elles se rapprochent du centre de l'amas, elles traversent un espace en expansion qui les emporte avec lui.

Notre propre galaxie est située à la limite extérieure du superamas Virgo et les mesures du décalage vers le rouge servant à établir la valeur de H_0 doivent par conséquent tenir compte de l'influence du champ gravitationnel de cet amas galactique. L'une des réalisations les plus importantes de Van den Bergh est d'avoir réussi à évaluer la vitesse de déplacement de notre galaxie à travers l'espace par rapport à ce qu'on appelle le fond de rayonnement thermique à 3°K qui emplit tout l'espace. Dans l'instant qui a suivi sa naissance, l'univers ne contenait que du rayonnement thermique, lequel fut très rapidement converti en matière (sous forme de particules élémentaires), ne laissant qu'un rayonnement résiduel à 3°K. Ce rayonnement a été "étiré" au cours des milliards d'années qu'a mis l'univers en expansion à parvenir à son état actuel. Aujourd'hui, ce rayonnement fossile se manifeste



Un millier de galaxies, un billion de soleils: l'énorme amas de la Chevelure de Bérénice ne représente qu'une partie d'un superamas regroupant 2 500 galaxies.

sous la forme d'un bruit parasite dans les radiotélescopes. Si nous étions au repos, il nous parviendrait uniformément de toutes les directions; nous pouvons par conséquent calculer à l'aide de ce paramètre la vitesse à laquelle nous nous rapprochons de l'amas Virgo. Un autre paramètre nous est fourni pour la vitesse des galaxies lointaines.

En combinant plusieurs de ces méthodes, Van den Bergh a réussi à établir que notre galaxie se rapprochait de l'amas Virgo à une vitesse d'environ 250 km/s; il nous met toutefois en garde contre le fait que des paramètres incertains, dus à l'influence du champ gravitationnel de l'amas Virgo sur notre galaxie, sont à la source d'un marge d'erreur de 30% dans la détermination de la constante de Hubble. Le résultat obtenu par Van den Bergh situe l'âge de notre univers entre 10 et 20 milliards d'années. Ce résultat, bien qu'il reste dans les limites des estimations antérieures, se situe au niveau supérieur de l'échelle des âges généralement attribués à l'univers.

Outre la constante de Hubble, il existe d'autres méthodes permettant de déterminer l'âge de l'univers ou, du moins, de définir les limites à l'intérieur desquelles il est possible

de le situer. La désintégration des éléments radioactifs qui ont été créés à une époque où l'univers était encore jeune se poursuit jusqu'à nos jours; l'âge de ceux-ci se situe entre 10 et 15 milliards d'années. De plus, on estime que certaines étoiles seraient âgées de 10 à 20 milliards d'années. Une constante de H_0 qui situerait l'âge de l'univers en deçà de l'âge des plus vieilles étoiles ou des matériaux radioactifs n'aurait évidemment aucun sens.

Quelle sera la direction des recherches futures? Au cours des années 80, le Dr Van den Bergh et ses collègues de l'Observatoire fédéral d'astrophysique procéderont à de nouvelles observations des céphéides en vue de préciser les mesures de luminosité et de distance de ces indicateurs de distance astronomiques. Ayant en main une constante de Hubble plus précise, ils pourront alors déterminer si l'expansion de l'univers subit une décélération. Peut-être même pourront-ils un jour être en mesure de nous dire si la destinée de notre univers est de mourir dans un soupir ou un *big bang*!



Godendards, fours à pain et galvanoplastie

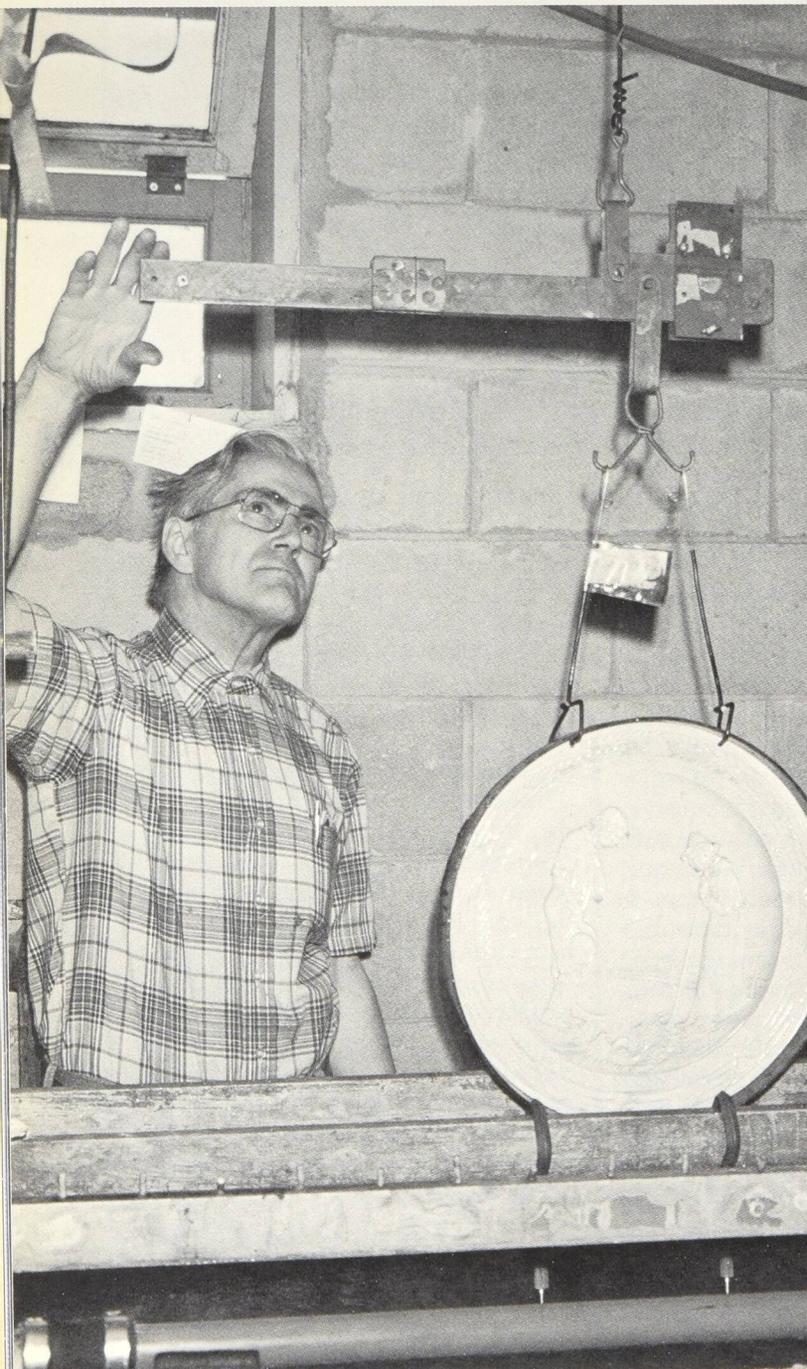
Aide à la petite entreprise québécoise

par Patricia Montreuil

Les moyennes, voire les petites entreprises font de plus en plus appel aux services de laboratoires de recherche bien équipés. En effet, quelle entreprise, petite ou grosse, n'a pas déjà eu à faire face à un problème où les connaissances techniques d'un ingénieur ou d'un scientifique se sont avérées d'un précieux secours?

Un artisan bien connu de Saint-Jean-Port-Joli, le sculpteur Albert Nadeau, en sait quelque chose. Se spécialisant dans la reproduction de scènes traditionnelles telles "Le Godendard" ou encore "La Boulangerie", M. Nadeau faisait face, il y a deux ans, à une difficulté technique. En voulant élargir sa gamme de productions artisanales pour y inclure des murales de cuivre faites par galvanoplastie, M. Nadeau se heurta à un problème de fabrication: les pièces qu'il obtenait étaient souvent trop fragiles pour être détachées du moule sans se briser. Le cuivre, déposé en couche très mince dans les parties concaves des moules, était si cassant que 90% de sa production étaient gaspillés au démoulage. Comme l'explique Albert Nadeau: "Le cuivre était dur et cassant comme des coquilles d'oeufs — absolument pas malléable. J'avais beau purifier ma solution d'électroformage au charbon activé comme le recommandait la documentation à ce sujet, j'étais à nouveau exposé au même problème de contamination."

À cette époque, M. Nadeau correspondait déjà régulièrement avec Photios Kizas, du Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI) du CNRC. M. Kizas, conseiller technique dans le domaine de la technologie chimique, l'avait maintes fois aidé dans le passé par ses conseils et son expérience.



Pour fabriquer une plaque murale plaquée de cuivre, il faut la suspendre de vingt à quarante heures dans un bain électrolytique.

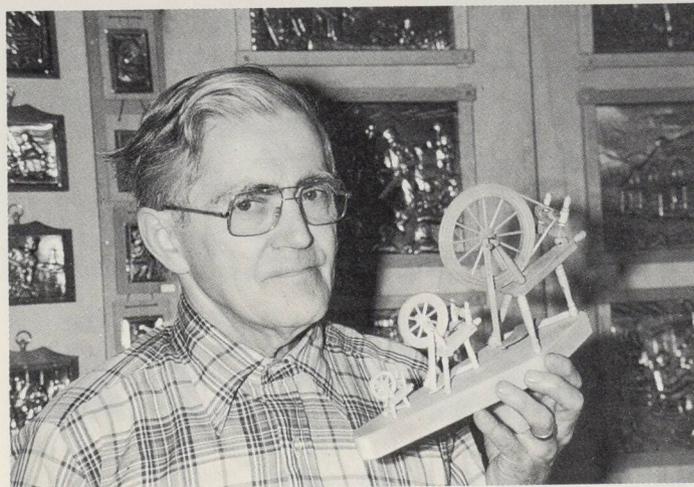


L'une des spécialités d'Albert Nadeau est la reproduction de scènes traditionnelles telles que "La Boulangerie".

En effet, le PARI joue déjà depuis longtemps le rôle de programme de transfert de ressources techniques et accorde une aide financière à des projets de recherche en sciences appliquées réalisés dans les ateliers des entreprises manufacturières canadiennes ou effectués, pour leur compte, dans d'autres laboratoires compétents. Le dernier-né des services du PARI, établi en octobre 1981, assure une aide financière pouvant atteindre 4 500 dollars (représentant un maximum de 75% du coût total d'un projet) à de petites entreprises qui doivent surmonter une difficulté technique en commanditant des travaux d'analyse en laboratoire. Des conseillers techniques, sur place dans vingt villes canadiennes dont Montréal et Québec, fournissent un service de consultation régional sur les programmes du CNRC et d'autres ministères fédéraux ainsi que sur le transfert de la technologie en général.

L'une des premières entreprises à bénéficier de ce nouveau programme fut donc la compagnie Albert Nadeau Inc., qui fit une demande d'aide financière au PARI pour défrayer le coût d'une analyse détaillée de son bain d'électroformage dans un laboratoire pourvu de l'équipement nécessaire. En moins d'une semaine, le financement du projet était approuvé et la collaboration du CRIQ (Centre de recherche industrielle du Québec) assurée.

C'est Jean-Marie Vincent, ingénieur-métallurgiste au

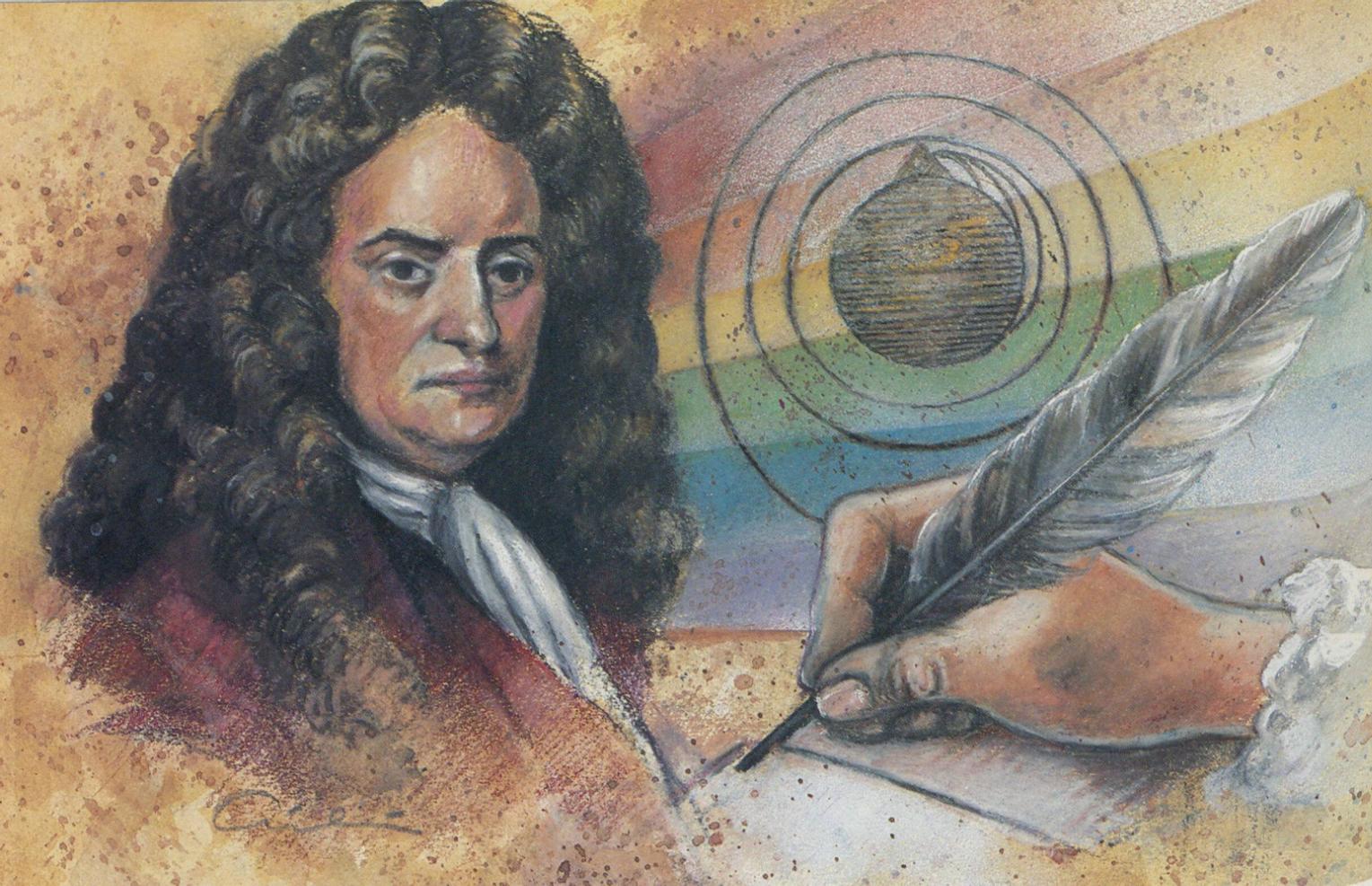


Sculpteur bien connu de Saint-Jean-Port-Joli, Albert Nadeau fabrique une large gamme de produits artisanaux: rouets et chaises miniatures, abat-jour de bois recouverts de vinyle et plaques murales en cuivre repoussé ou plaquées de cuivre.

CRIQ, qui fit les tests en laboratoire et signala à M. Nadeau la présence de matières organiques, cause principale de la fragilité des pièces électrodéposées. Il lui suggéra de remplacer sa solution par une autre faite à partir d'eau déminéralisée, de sulfate de cuivre et d'acide sulfurique. L'emploi d'eau déminéralisée s'avéra la clé du problème. L'efficacité de ce traitement de l'eau était confirmée quelque temps après par M. Sylvio Bergeron des Industries PPD, à Sherbrooke, qui travaille avec le nickel et qui était sensibilisé au même problème.

Depuis lors, la production des plaques se fait sans perte aucune, à la grande joie d'Albert Nadeau. La rentabilité de son entreprise se trouve directement affectée puisque le rendement du procédé de fabrication est maintenant excellent. "Je suis heureux que le procédé soit finalement au point", enchaîne Albert Nadeau. "Le cuivre électrodéposé donne un produit final tellement plus intéressant car je peux travailler dans le détail et façonner ainsi un plus beau relief."





Adieu à la corvée du "dépouillement"!

La recherche assistée par ordinateur

par David Peat

Adaptation française: Line Bastrash

L'année 1665 aura fait date dans l'histoire des communications scientifiques. Cette année-là paraissait le premier numéro de la revue *Philosophical Transactions*, publiée par la très digne Société royale de Londres. Désormais, les scientifiques pouvaient communiquer entre eux sans qu'il leur soit nécessaire de publier des ouvrages ou de s'écrire personnellement. Ils pouvaient, par l'intermédiaire de cette nouvelle "revue savante" publiée périodiquement, faire part à leurs collègues de leurs expériences, de leurs théories et de leurs commentaires sur les travaux menés par d'autres chercheurs.

La revue, qui représentait alors une innovation importante en matière de diffusion de l'information, connut un succès immédiat. Elle devait préparer la voie à l'explosion des sciences et des techniques modernes qui allait suivre et on ne saurait surestimer son influence. Depuis la parution du premier numéro de *Philosophical Transactions* il y a 318 ans, des milliers de nouvelles revues scientifiques se sont donné pour mission d'informer leurs lecteurs sur les dernières théories et les plus récentes découvertes scientifiques.

Toutefois, le succès même de ces publications fait qu'il est maintenant impossible à un seul scientifique d'être au courant des plus récents progrès accomplis dans sa discipline, dût-il s'agir d'un domaine hautement spécialisé. D'une pénurie d'information scientifique, nous étions soudainement passés à une surabondance. Qu'on pense seulement à la prestigieuse *Physical Review*: avec plus de 1 000 pages mensuelles de texte dense, elle ne constitue qu'une goutte dans l'océan des publications.

Arrive l'ère de l'ordinateur. Grâce à ce nouvel assistant électronique, les scientifiques du monde entier n'ont plus à craindre d'être submergés par une mer de données, les banques parviennent à se maintenir à flot et les compagnies aériennes, à tenir l'air. Au Canada, le Conseil national de recherches a joué un rôle de premier plan dans l'application de l'ordinateur à la solution du problème de la recherche de l'information scientifique.

En 1974, l'Institut canadien de l'information scientifique et technique (ICIST) du CNRC lançait un système d'interrogation en direct, CAN/OLE, qui permet aux spécialistes de l'information de consulter différents ensembles de données bibliographiques appelées "bases de données" et d'en extraire des références sur n'importe quel sujet. CAN/OLE s'avère un bibliothécaire infatigable, capable de livrer presque tous les renseignements que peut désirer un chercheur, à condition que celui-ci ait accès à un terminal d'ordinateur et une liaison téléphonique.

Récemment, l'ICIST a enrichi ses services de recherche d'information d'un nouveau système de base de données appelé CAN/SND (sigle anglais de Canada/Scientific Numeric Databases), qui est à la fois un système de recherche documentaire informatisé d'avant-garde et un

ordinateur capable d'exécuter des calculs complexes. À l'aide de CAN/SND, un scientifique peut repérer rapidement l'information dont il a besoin, effectuer une série de calculs et examiner les résultats sur un écran ou un feuillet d'imprimante. Il ne diffère pas tellement du service de recherche bibliographique CAN/OLE si ce n'est que notre bibliothécaire électronique est maintenant en mesure d'analyser les données qu'il a trouvées, se transformant en un véritable assistant de recherche. Avec CAN/SND, un scientifique peut procéder à une première recherche de l'information à partir du terminal et, si le terminal se trouve dans son laboratoire, il peut même obtenir une interprétation quasi instantanée des résultats d'une expérience en cours.

CAN/SND est relié au puissant ordinateur IBM 3033 du CNRC; des abonnés de tout le Canada y ont accès à peu de frais grâce à une ligne téléphonique. Le système CAN/SND en est actuellement à ses premiers mois d'exploitation, aussi les bases de données qu'il contient sont-elles pour le moment limitées aux spectres infrarouges de substances chimiques et aux structures physiques de composés organiques et organométalliques. Les abonnés doivent par conséquent restreindre leurs questions à ces deux domaines. Toutefois, d'autres bases de données couvrant divers domaines de la physique et de la chimie viendront sous peu s'ajouter à CAN/SND et le champ des questions permises s'élargira considérablement.

Voici comment le système fonctionne. L'abonné recherche l'information désirée dans la base de données en posant une série de questions par l'intermédiaire d'un terminal informatique. La façon la plus directe d'interro-

(voir page 24)

CAN/SND

Assis devant un terminal d'ordinateur dans la vaste enceinte de la bibliothèque principale de l'ICIST, à Ottawa, le Dr Gordon Wood tape sans bruit sur un clavier, invoquant le "bon génie CAN/SND" logé dans l'unité centrale d'un ordinateur situé à quelque distance.

Le Dr Wood nous explique comment le système fonctionne. "Supposons que vous vouliez identifier un composé contenant du deutérium, isotope lourd de l'hydrogène possédant un neutron additionnel. Chimiquement, le deutérium ressemble à un atome d'hydrogène ordinaire puisque son noyau est formé d'un unique proton. Supposons également que vous connaissiez déjà un fragment moléculaire dans lequel se trouve le deutérium recherché, et où celui-ci est lié à un atome d'oxygène qui est à son tour lié à un atome de carbone. Voyons comment nous pouvons l'identifier: nous fournissons à CAN/SND une description de ce fragment à l'aide de la commande INPUT."

Les formules magiques apparaissent sur l'écran:

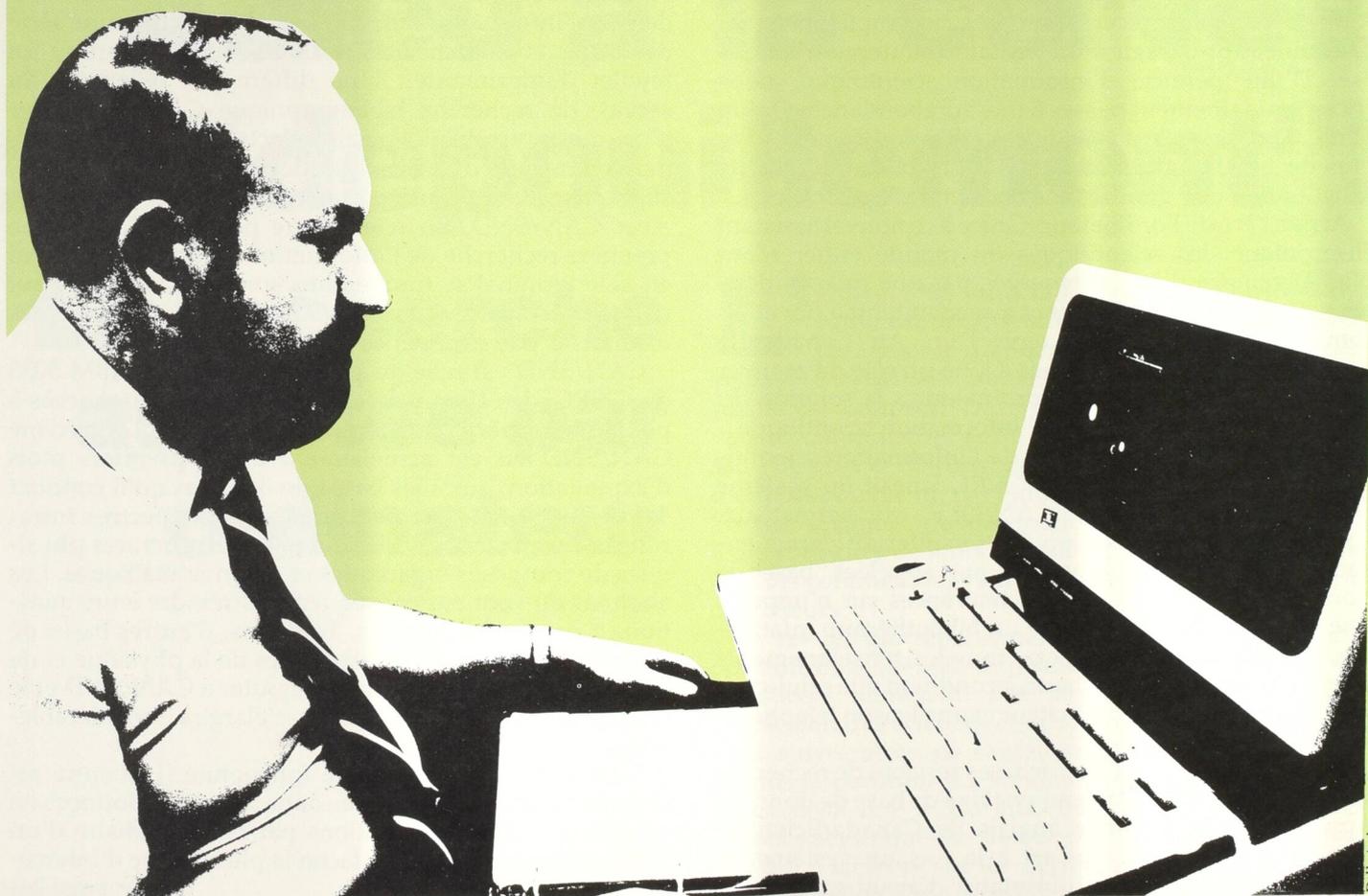
```
INPUT...FRAG CARBOXYLIC ACID
INPUT...AT1 D 1
INPUT...AT2 O
INPUT...AT3 C 3
INPUT...AT4 O 1
```

"Par ces commandes, nous demandons à la base de données d'extraire toutes les molécules où se trouve le fragment que nous venons de décrire", poursuit le Dr Wood. L'écran s'allume et le génie répond:

PROCÉDONS À LA LECTURE DES ENTRÉES
DU FICHER DE DONNÉES

Wood nous explique: "Ce sont des 'correspondances' ou, dans l'idiome de la machine, des 'fragments correspondants'. Celle-ci nous fournit cinq correspondances probables. Supposons que nous désirions que l'entrée n° 4 soit illustrée graphiquement sur l'écran. Le code d'identification de la molécule que nous recherchons est KDFURC. Il s'agit par conséquent de dicarboxylate-3,4-furanne de deutérium et de potassium, molécule formée de

Le Dr Gordon Wood demande à CAN/SND de lui fournir le signalement d'une "correspondance".



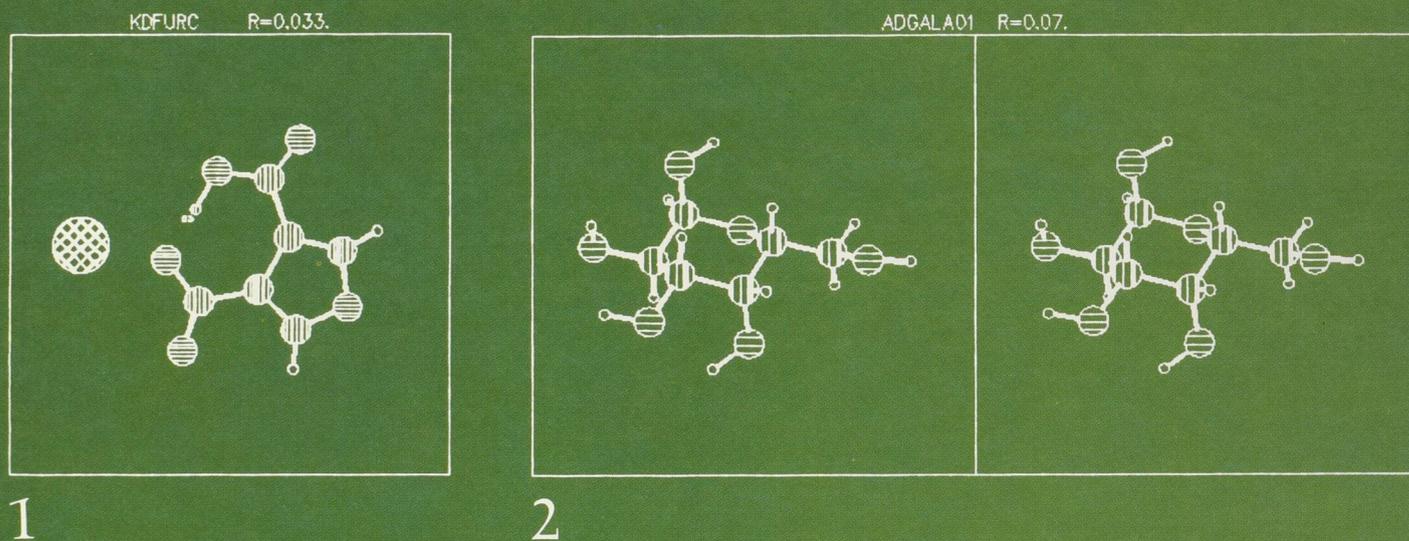


Figure 1. Image d'une molécule de KDFURC fournie par CAN/SND. Les lignes correspondent aux liens interatomiques; l'hydrogène est représenté par de petits cercles blancs. Le cercle identifié au centre correspond au deutérium; les cercles hachurés verticalement correspondent aux atomes de carbone; ceux hachurés horizontalement, aux atomes d'oxygène. À gauche se trouve notre atome de potassium "en ballade".

15 atomes dont l'un (le potassium) n'est pas lié mais simplement associé aux autres. Il n'est là que pour la ballade, si nous pouvons nous exprimer ainsi."

Un traceur, commandé par l'ordinateur et placé à côté du clavier du terminal, s'anime. Il fonctionne de la même façon qu'un appareil de télévision qui forme une image en balayant la trame de l'écran. La plume du traceur se déplace rapidement sur le papier pour dessiner la configuration de la molécule KDFURC. Les lignes correspondent à des liaisons interatomiques; les atomes eux-mêmes sont représentés par des chiffres indiquant leur position et accompagnés de lettres correspondant au nom de l'élément. À gauche de la figure se trouve notre potassium "en ballade".

"Tout cela est très bien", poursuit Wood, "mais cela ne nous dit pas comment les atomes sont disposés dans un espace tridimensionnel. Voyons maintenant si nous pouvons obtenir une image représentative de notre molécule." Il appuie sur certaines touches et les numéros de code du tracé initial disparaissent pour être remplacés par des cercles. "Maintenant, tentons de les 'personnaliser' par un code de hachures." L'ordinateur obéit et les cercles sont redessinés afin qu'il soit possible d'identifier leurs éléments (voir figure 1). La prochaine étape fait appel à la stéréoscopie. Le traceur fait de nouveau entendre son bourdonnement et dessine deux figures identiques de KDFURC l'une à côté de l'autre.

Figure 2. Ces deux images légèrement différentes d'une molécule de galactose nous fournissent; au moyen d'une visionneuse stéréoscopique, une vue tridimensionnelle de cette molécule de sucre. Le système CAN/SND permet aux chercheurs de visualiser la structure des molécules et de mieux comprendre leurs réactions.

Du moins, semblent-elles identiques. "Elles se ressemblent mais elles ne sont pas totalement identiques", explique Wood. "Examinons-les à l'aide de cette visionneuse stéréoscopique." Il arrache la feuille, y découpe les figures à grands coups de ciseaux et les glisse sous un petit appareil en plastique. "Maintenant, regardez."

Je regarde. Sous mes yeux apparaît l'image en trois dimensions d'une molécule de dicarboxylate-3,4-furanne grossie cent millions de fois. Le noyau de carbone se détache sur un plan, tandis que l'hydrogène et le deutérium sont dégagés et forment un angle. (Muni d'un tel appareil, vous pourriez, à partir des images reproduites à la figure 2, observer l'image tridimensionnelle d'une molécule de sucre encore plus impressionnante, la galactose.)

Le Dr Wood nous explique que CAN/SND peut afficher des images ordinaires ou stéréoscopiques de milliers de molécules emmagasinées dans sa mémoire, quel que soit l'angle désiré; il peut même les faire pivoter autour d'un axe que vous lui indiquerez. En théorie, et à la condition de disposer d'un terminal interactif capable de traiter un volume suffisant de données — ou un nombre élevé de "bauds" — CAN/SND pourrait même afficher un dessin animé d'une molécule de KDFURC effectuant un basculement complet. Il y a là de quoi stimuler l'imagination de bien des chercheurs.

par Bill Atkinson

Adaptation française: Line Bastrash



Stephen A. Haines

Le système CAN/SND permet aux scientifiques de visualiser la structure de milliers de molécules différentes, quel que soit l'angle désiré, au moyen d'images stéréoscopiques qui remplacent les représentations tridimensionnelles peu élaborées et dont on donne ici un exemple, utilisées jusqu'alors; il fournit également des données ces molécules en langage-machine.

ger la base de données consiste à donner le nom du composé étudié ou, encore, la référence bibliographique d'un document publié qui traite de ce composé. La plupart des systèmes de bases de données fonctionnent de cette façon; CAN/SND offre toutefois des possibilités de recherche originales. Un peu comme un détective peut retrouver un suspect grâce à l'identification d'empreintes digitales, à un signalement ou à d'autres caractéristiques, un scientifique peut identifier une molécule inconnue grâce à une série de descriptions partielles (voir encadré pp. 22, 23).

Ainsi, par exemple, le scientifique peut déjà savoir que la molécule qu'il désire identifier possède un certain type de configuration parce qu'elle réagit de façon très spécifique avec certains composés. Muni de ces renseignements connus, CAN/SND fouillera sa mémoire et en extraira les "casiers judiciaires" de molécules suspectes — imitant en quelque sorte une séance d'identification policière! Ces "suspects" s'appellent, en langage informatique, "correspondances". Connaissant les correspondances probables, le scientifique peut alors demander au terminal de lui dessiner une vue en perspective des molécules sélectionnées. Parallèlement, il peut interroger le système pour obtenir des renseignements très précis sur chacune d'elles, comme la distance qui sépare certains atomes ou les angles des liaisons chimiques.

Voyons quelles sont les possibilités du système. Un scientifique peut se servir de CAN/SND pour étudier les réactions chimiques obtenues en substituant un atome à un autre en des points précis d'une molécule; ou observer le déroulement de réactions chimiques, d'une microseconde à l'autre; ou encore déceler, à l'aide des données fournies, les nouvelles propriétés de la molécule pour

ensuite les vérifier en laboratoire. Nanti d'un tel éventail de données, un scientifique peut effectuer des expériences complètes "en simulation" sans avoir à quitter son terminal.

"Les bases de données du système sont révisées plusieurs fois par année par un groupe de scientifiques qui ont collaboré à leur création", nous explique le Dr Gordon Wood, de l'ICIST, responsable de l'aspect opérationnel de CAN/SND. "Ces scientifiques vérifient chaque nouvelle donnée avant qu'elle ne soit entrée dans l'ordinateur." Même l'ordinateur participe à cette vérification, puisqu'il "assure l'uniformité interne des données et signale toute erreur typographique".

Étant lui-même un ancien chercheur de la Division de physique du CNRC, le Dr Wood considère que le nouveau système doit être avant tout utile aux scientifiques. "Avec de tels systèmes, il y a toujours le danger de perdre de vue la démarche propre au chimiste et au physicien et de concevoir un ensemble qui réponde davantage aux besoins de l'informaticien ou du bibliothécaire qu'aux leurs. Mais, avec CAN/SND, on a voulu que les scientifiques aient toujours le dernier mot."

On a donc profité d'une période d'essais antérieure pour demander à 15 d'entre eux de proposer des modifications correspondant à leurs besoins et les intégrer à la version actuelle de CAN/SND qui pourra d'ailleurs s'adapter à leur évolution. L'une des deux bases de données présentement disponibles a été mise au point par l'Université de Cambridge, en Angleterre; l'autre a été partiellement compilée au CNRC. D'autres encore, comme celles sur la structure des métaux que l'on prépare actuellement à la Division de chimie du CNRC, viendront s'y ajouter dans l'avenir. Il est également prévu d'y annexer une base de données sur la spectrométrie de masse du *National Bureau of Standards* des États-Unis et une autre sur les structures inorganiques, fruit d'une collaboration entre le Canada et la République fédérale d'Allemagne.

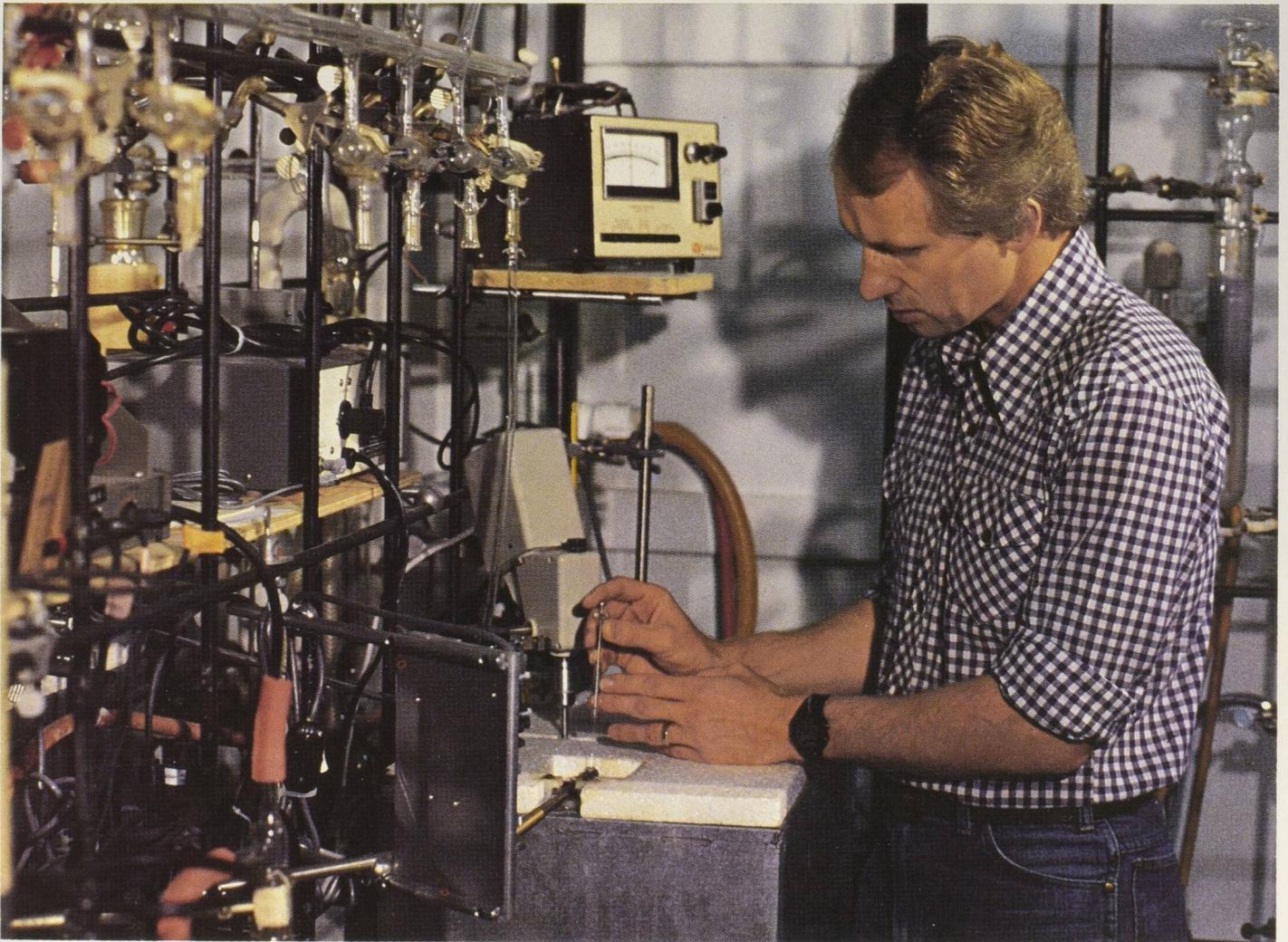
"Il faut souligner", poursuit le Dr Wood, "que toutes ces bases de données sont l'oeuvre d'experts dans les domaines concernés. Elles ne renferment par conséquent que les données les plus fiables. Depuis 1665, la science a connu un développement extraordinaire qui a longtemps astreint les scientifiques à un fastidieux travail de dépouillement dont ils pourront maintenant être libérés grâce à une ingénieuse utilisation de l'informatique pour se livrer à des activités plus créatrices."



La vitamine E

Comment arrêter une réaction en chaîne

par Wayne Campbell Adaptation française: Suzanne Pellerin



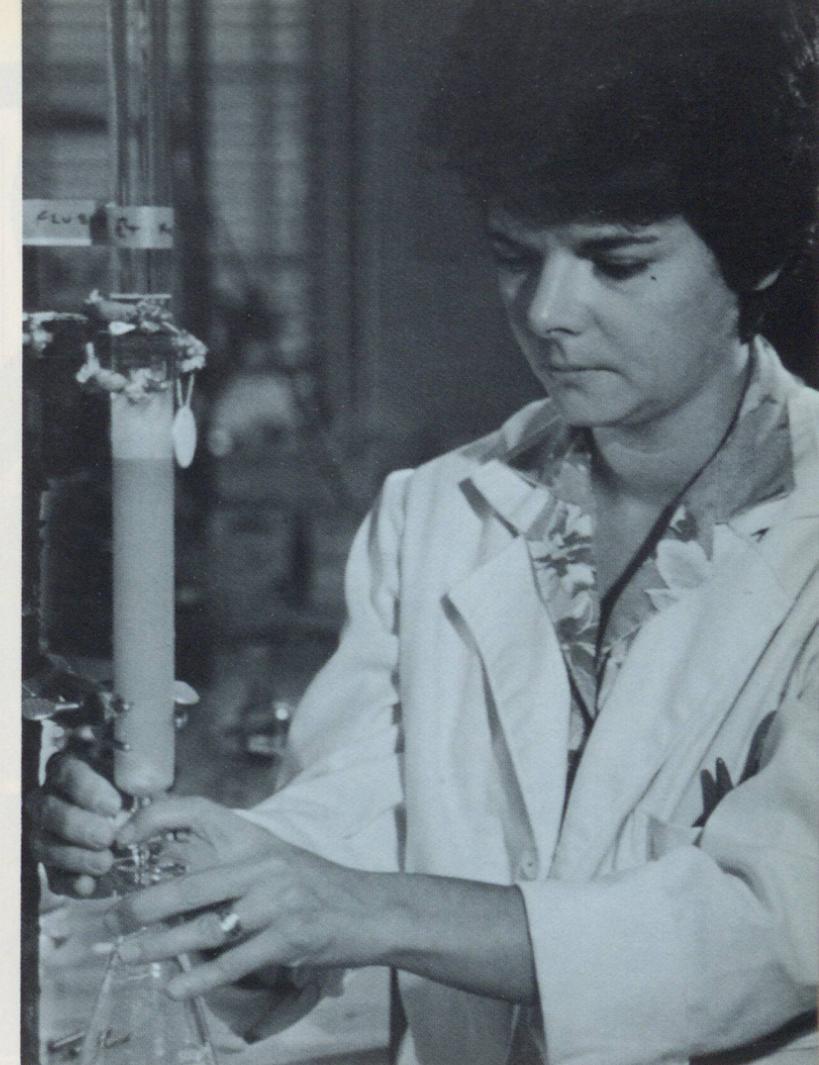
Selon beaucoup de gens, dont des scientifiques de renom, la vitamine E peut guérir ou prévenir beaucoup de maladies ou d'accidents de santé comme le diabète, les infections rénales, l'hypertension, la dystrophie musculaire et les crises cardiaques. On va même jusqu'à prétendre qu'elle prolonge la vie, alors que l'on ne sait toujours pas comment cette vitamine, appelée alpha-tocophérol (nom de son constituant principal), accomplit ces guérisons miracles. En effet, on ne connaît presque rien de son mode d'action sur l'organisme, si ce n'est qu'elle empêche l'oxydation des molécules biologiques et qu'elle neutralise les effets nocifs de ces substances que l'on appelle "radicaux libres".

Deux scientifiques canadiens, les Drs Graham Burton et Keith Ingold, du Conseil national de recherches, à Ottawa, viennent toutefois de préciser son rôle biologi-

Le Dr Graham Burton, du CNRC: la vitamine E protège la membrane cellulaire contre l'oxydation.

que en confirmant son action antioxygène. En fait, en plus d'être l'antioxygène liposoluble le plus efficace découvert jusqu'à ce jour, la vitamine E est probablement le seul antioxygène présent dans les sites de l'organisme où l'on trouve des lipides. Les Drs Burton et Ingold proposent une explication à la magie exercée par cette vitamine et à la structure moléculaire qui la rend si efficace.

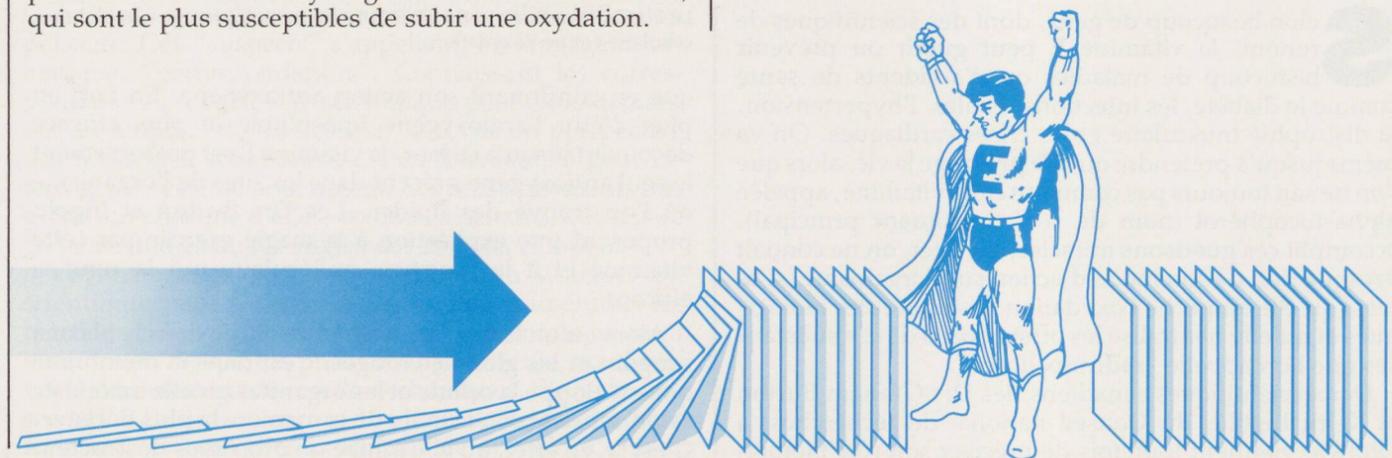
Alors qu'on la trouve en majeure partie dans le plasma sanguin et les globules rouges, c'est dans la membrane qui enveloppe la cellule et les organites qu'elle manifeste sa présence et son activité de la manière la plus décisive. C'est là, en effet, qu'elle inhibe un processus destructeur



qui commence avec la création de "radicaux libres" par certains agents comme les rayonnements, les rayons ultraviolets, les substances médicamenteuses, voire même le brouillard industriel. "Sans l'intervention de la vitamine E, ces radicaux libres, de concert avec l'oxygène, déchirent la membrane plasmique, entraînant ainsi la destruction de la cellule", expliquent Burton et Ingold.

Souvent décrite comme une "bicouche lipidique", la membrane plasmique est formée de deux couches de molécules de phospholipides jointes par leurs queues hydrophobes (qui craignent l'eau), tournant vers l'extérieur leurs têtes hydrophiles (qui aiment l'eau). Dressées en colonnes, les queues sont constituées de chaînes hydrocarbonées d'acides gras formant une partie de la molécule de phospholipide. Ce sont précisément ces hydrates de carbone, longues chaînes de carbone comportant des atomes d'hydrogène faisant saillie ici et là, qui sont le plus susceptibles de subir une oxydation.

Le Dr Graham Burton explique que, sous l'effet de rayonnements ou d'autres agressions, un atome d'hydrogène peut se détacher de l'une de ces chaînes et se transformer en un radical libre capable de déclencher une réaction en chaîne. Dans un tel cas, les chaînes, maintenant chargées d'un électron non apparié fortement réactif, réagissent rapidement avec l'oxygène (omniprésent dans le système) pour former un radical peroxy. Également très réactif, ce radical attaque une chaîne hydrocarbonée avoisinante pour lui arracher un atome d'hydrogène et former un autre radical. Ce radical se combinera à son tour avec une autre molécule d'oxygène pour former un autre radical peroxy, qui attaquera une seconde chaîne hydrocarbonée. Et le saccage continue. La chimie interne de la membrane est profondément



Alli Kurtis

C'est le travail de toute une équipe qui a porté fruit: Maria Slaby, Ann Webb, David Lindsay et Lise Hughs ont tous collaboré aux recherches sur la vitamine E.

modifiée par ces interactions de radicaux avec l'oxygène, les chaînes d'acides gras cédant l'une après l'autre en un processus qui aboutit à la destruction de la cellule. De dire le Dr Burton, "il suffit d'un seul radical libre pour entraîner la destruction de centaines, voire de milliers d'acides gras de la membrane".

Selon ces deux scientifiques canadiens, l'alpha-tocophérol interrompt cette réaction catastrophique en introduisant dans le processus un atome d'hydrogène avant que les radicaux peroxy n'aient eu le temps d'en arracher un à une chaîne hydrocarbonée avoisinante. C'est simple et efficace. En effet, la vitamine est constituée d'une longue queue hydrocarbonée (qui, pense-t-on, lui permet de s'accrocher à la membrane) munie d'une tête à deux noyaux qui fait fonction de donneur d'hydrogène. Le noyau externe, que l'on appelle un "phénol", comprend un groupe latéral (un hydroxyle) qui peut céder un atome d'hydrogène. C'est le pouvoir de la molécule d'exister en tant que "radical stable" (paradoxe chimique apparent) qui explique son remarquable don d'inhibition de la réaction en chaîne. Autrement dit, la molécule peut céder son hydrogène, neutralisant ainsi le radical peroxy, pour ensuite transmettre à l'autre noyau la réactivité de l'électron qui reste. En pareil cas, l'électron, que les chimistes disent "délocalisé", perd de sa réactivité. Certes, une molécule de vitamine E a dû être sacrifiée, mais c'est obtenir à vil prix l'arrêt des réactions oxydantes qui auraient sans cela causé des dommages irréparables à la membrane.

Pour étudier le caractère antioxygène de la vitamine, les chimistes Burton et Ingold modifièrent les divers constituants de l'alpha-tocophérol et s'aperçurent que sa configuration assure une efficacité antioxygène optimale. La structure même de la tête, de la formation des groupes latéraux à la nature presque coplanaire des deux noyaux (ils se situent dans un même plan), favorise la délocalisation de l'électron et l'action antioxygène de la molécule.

Quel est le secret de l'équipe Burton-Ingold pour réussir de telles expériences? C'est leur système expérimental précis grâce auquel ils peuvent déterminer la capacité antioxygène de diverses substances et mesurer les vitesses de réaction intervenant entre les antioxygènes et les radicaux libres. Au cours de ces expériences, l'alpha-tocophérol s'est révélé le meilleur piège à radicaux libres, réagissant plus rapidement que tout autre antioxygène, y compris les bêta-, gamma- et delta-tocophérols (variantes de tocophérol dont les groupes latéraux diffèrent à peine de ceux de l'alpha). En mesurant d'abord la capacité antioxygène dans des échantillons de sang et en calculant ensuite à l'aide d'une méthode de chromatographie en phase liquide de grande précision les valeurs absolues des concentrations d'alpha-tocophérol présentes dans l'échantillon, Burton et Ingold démontrèrent que l'alpha-tocophérol est le seul antioxygène présent dans le système.





Les caractères cachés des plantes des Prairies Nouveaux outils d'investigation

par Wayne Campbell

Adaptation française: Suzanne Pellerin

Depuis les débuts de l'agriculture, la sélection minutieuse et l'utilisation des graines provenant des meilleures plantes ont joué un rôle crucial dans l'amélioration des cultures. Cette première étape constitue toujours le fondement de la phytogénétique moderne et personne n'a encore surpassé le phytogénéticien dans l'art de sélectionner parmi des milliers de plantes celles qui promettent le plus.

Les chercheurs du Laboratoire régional des Prairies du CNRC étudient cependant depuis quelques années la possibilité de faire bénéficier le phytogénéticien des découvertes les plus récentes en la matière. Ils s'intéressent en particulier aux "caractères physiologiques" qui, comme le nom l'indique, caractérisent le métabolisme chimique de la cellule végétale. Un grand nombre de ces fonctions, comme la photosynthèse, la respiration, la fixation de l'azote, la croissance des graines et la production de feuilles, peuvent affecter considérablement le rendement agricole d'une plante. L'équipe du LRP s'est particulièrement intéressée au mode de sélection des plantes en fonction de leur aptitude à accomplir ces fonctions, dont certaines, notamment la photosynthèse et la fixation de l'azote, semblent pouvoir être améliorées génétiquement.

Lorsqu'ils étudient une espèce donnée de plante, les phytogénéticiens recherchent les traits qui assureront ce qu'ils appellent son "rendement agronomique". Ce rendement est fonction de certaines caractéristiques

L'étudiante Catherine DeLong, de Saskatoon, mesure la photosynthèse produite par les feuilles des plantes qui poussent à l'extérieur. L'équipe du LRP a relevé plus de 3 000 données au cours de l'été.

apparentes de la plante, comme sa hauteur, son temps de floraison, sa résistance à la maladie, etc., qui sont généralement déterminées par un nombre relativement important de gènes. Par contre, les processus physiologiques, qui sont plutôt des constituants de ces grandes caractéristiques, sont inscrits dans un plus petit nombre de gènes. Sélectionner ces processus revient donc à optimiser le système de régulation génique de la plante.

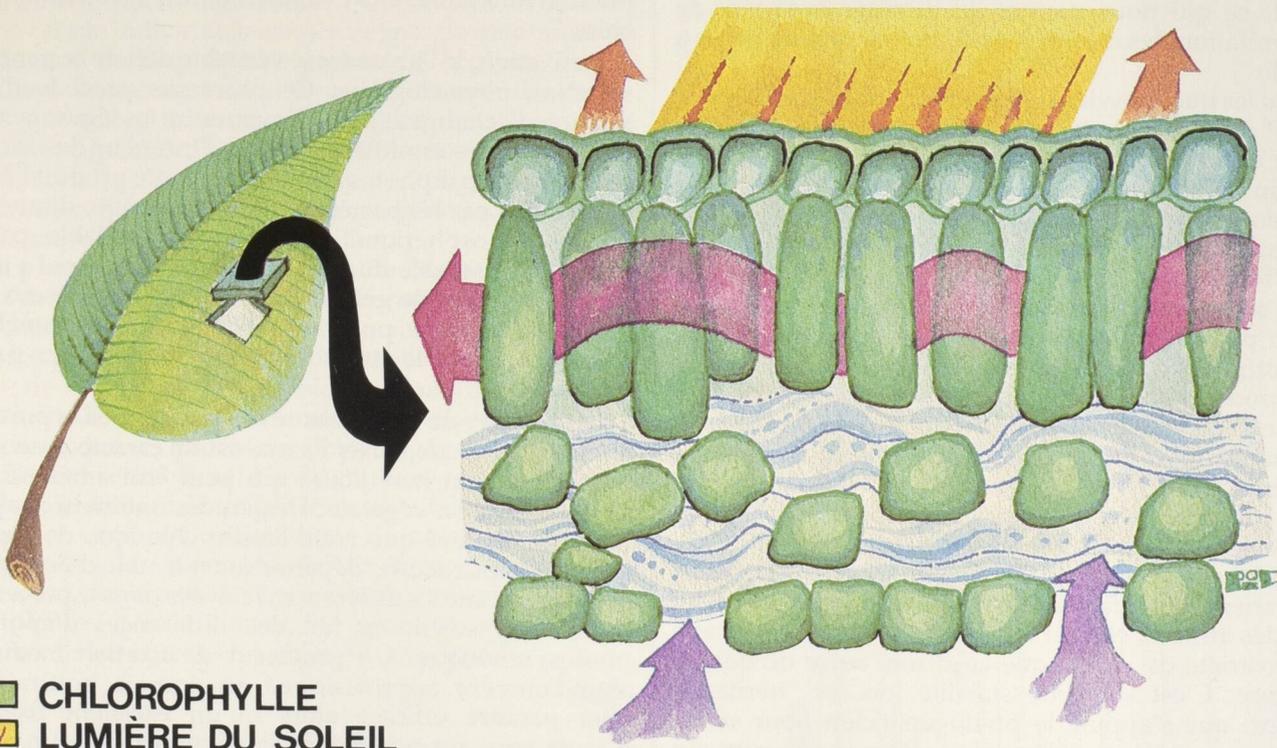
Le Dr John Mahon, spécialiste en physiologie végétale responsable du programme du LRP, compare la démarche du phytogénéticien à l'achat d'une nouvelle chaîne stéréophonique: "Le consommateur averti envisageant une telle acquisition sait qu'il ne suffit pas d'écouter tous les différents appareils offerts pour faire son choix, car un seul élément de mauvaise qualité, l'amplificateur par exemple, peut sérieusement affecter le rendement acoustique d'une chaîne d'excellente qualité. La plupart des gens savent que chaque élément est indépendant et que c'est en combinant le meilleur tourne-disque, le meilleur amplificateur et les meilleurs haut-parleurs que l'on obtient un son de toute première qualité.

"Le phytogénéticien fait un peu la même chose. Il examine telle espèce végétale à la recherche des caractères qu'il juge favorables, puis il essaie de les combiner dans une même plante."

Le LRP procède ainsi non seulement pour les caractères apparents et facilement identifiables mais également pour les processus physiologiques non visibles de la plante. Pour reprendre notre analogie, cela revient à identifier l'électronique qui améliorera l'amplificateur. Difficile? "Pas pour l'ingénieur électronique", s'empresse de répondre le Dr Mahon. "En fait, les phytogénéticiens sont les ingénieurs des cultures. Tout comme un mélomane apprécie un amplificateur de bonne qualité, la production agricole bénéficie de la moindre amélioration apportée aux variétés culturales."

John Mahon et le Dr Shaun Hobbs, un généticien, étudient depuis sept ans la génétique des caractères physiologiques et leur relation avec les caractéristiques agronomiques habituelles comme la production et le caractère protéique des graines et l'indice de récolte (proportion économiquement rentable de la plante). Ils travaillent sur le pois des champs parce qu'il est largement cultivé dans la Saskatchewan (plus de 15 000 ha sont consacrés aux cultures) et qu'il exhibe une diversité génétique considérable. Cette dernière caractéristique est très importante parce que le Dr Mahon a décidé très tôt d'utiliser les variétés naturelles de l'espèce plutôt que

Coupe transversale d'une feuille: employant comme source d'énergie la lumière solaire, les chloroplastes, corps cellulaires de la plante qui renferment de la chlorophylle (pigment vert), fixent le gaz carbonique de l'air, entraînant ainsi la production de glucose et d'oxygène. Les scientifiques espèrent accroître l'efficacité de ce système producteur d'énergie grâce à la phytogénétique.



- CHLOROPHYLLE
- LUMIÈRE DU SOLEIL
- SUCRES
- VAPEUR D'EAU
- OXYGÈNE
- DIOXYDE DE CARBONE

de fabriquer des mutants par traitement chimique ou par irradiation.

Il a en outre décidé de n'examiner que les traits pouvant être mesurés in situ comme on le fait habituellement dans les programmes de recherche agricole. "Nous avons, de ce fait, rencontré un certain nombre de problèmes", explique le Dr Mahon. "Nous avons en effet dû modifier nos méthodes et notre équipement de laboratoire pour être en mesure de recueillir des données dans toutes les conditions rencontrées in situ. Il a fallu pour cela faire appel à une main-d'oeuvre importante qui nous a été fournie par les étudiants du Programme d'emploi d'été du CNRC. Pleins d'enthousiasme et compétents, ces jeunes nous ont été d'une aide précieuse."

Ainsi, grâce aux techniques de mesure modifiées et à la main-d'oeuvre étudiante, plus de 100 000 données ont pu être recueillies chaque été. Mais comment parvenir à traiter une telle masse de renseignements? Les programmes informatiques spécialement mis au point par le Dr Shaun Hobbs et permettant d'emmagasiner, de vérifier, de réarranger, de manipuler et d'analyser les données ont permis de résoudre le problème. "Nous pouvons maintenant faire entrer sur le champ nos données dans un appareil de la grosseur d'une calculatrice de poche et les transférer directement dans l'ordinateur en revenant au laboratoire", explique le Dr Mahon. "C'est beaucoup plus rapide que la transcription manuscrite et on élimine une grande partie des erreurs qui l'accompagnaient. Nous avons même un premier aperçu de nos résultats avant que les étudiants ne partent, ce qui nous permet de discuter avec eux de l'interprétation des données qu'ils ont eu tant de peine à recueillir."

Parmi les quelque vingt caractères repérés par l'équipe du LRP dans une centaine de variétés de pois connues dans le monde, certains ne sont d'aucun intérêt pour la sélection. "Soit que leur mesure était trop difficile, leur régulation génétique insuffisante ou qu'ils ne présentaient aucun avantage pour la sélection", explique Mahon. "Par contre, la photosynthèse et la fixation de l'azote sont deux caractères qui semblent prometteurs, tant du point de vue phylogénétique qu'agronomique, où ils offrent des gains possibles puisque la photosynthèse produit l'énergie requise par la plante et la fixation de l'azote permet d'économiser sur les engrais azotés. Ces raisons nous ont poussés à n'étudier que ces deux caractères."

Bien que très influencée par l'environnement, la photosynthèse est en quelque sorte un processus très stable, selon Mahon. "Même si l'efficacité photosynthétique peut varier par un facteur de 5 lors du même été ou au cours des années, elle est toujours plus élevée chez une bonne variété de plante que chez une autre de qualité inférieure. C'est sur cette stabilité, ou cet "héritage" constant, que s'appuie le phytogénéticien pour sélectionner une variété qui demeurera efficace au cours des années ou qui s'adaptera aux différentes régions."

Des études génétiques menées au LRP ont montré que la photosynthèse est régie par plusieurs gènes. Ainsi, en combinant les meilleures qualités de deux variétés très efficaces en photosynthèse, on obtient une variété-fille supérieure aux deux variétés-parents. Il a d'ailleurs été



La technicienne Maureen Dennis effectue des essais biochimiques sur une bactérie extraite de la racine d'un pois.

démontré que ce genre de sélection-croisement-resélection peut améliorer de 25% l'efficacité photosynthétique. Malgré une perspective aussi encourageante Mahon fait preuve d'un enthousiasme prudent: "Certes pouvons-nous améliorer génétiquement l'efficacité photosynthétique de chaque centimètre carré d'une feuille et ainsi augmenter la croissance de la plante, mais la réduction de la quantité de feuilles produite par une variété apparemment très efficace en photosynthèse peut la faire apparaître très improductive. Nous nous demandons maintenant s'il est possible de combiner un rendement photosynthétique élevé à une bonne production foliaire."

La fixation de l'azote est le véritable défi de ce genre de sélection physiologique. Ce processus procède d'une relation d'échanges symbiotiques entre les légumineuses et les bactéries modifiées vivant à l'intérieur des racines de la plante: par photosynthèse, la plante produit l'énergie requise par les bactéries qui, en échange, donnent à l'azote atmosphérique une forme assimilable par la plante. L'ensemble du processus fait donc appel à deux séries distinctes de gènes, ceux de la plante et ceux des bactéries, et il ne pourra probablement être amélioré qu'en modifiant la structure génétique des deux partenaires.

Les travaux du Dr Hobbs révèlent que chez le pois des champs l'aptitude à fixer l'azote est un caractère variable mais fortement héréditaire qui peut être amélioré par simple sélection végétale. Des études antérieures ayant toutefois montré que cette liaison chimique de l'azote exige de la plante une dépense considérable d'énergie, il est possible que les différences relevées dans le processus de fixation soient en fait des différences d'aptitude photosynthétique. Un processus de fixation médiocre abondamment approvisionné en énergie pourrait en effet paraître efficace alors qu'un excellent fixateur d'azote recevant peu d'énergie paraîtrait avoir un mauvais rendement. Le Dr Mahon écarte toutefois cette possibilité: "Nos derniers travaux montrent que les différences génétiques remarquées dans le processus de fixation de l'azote ne sont pas attribuables aux différences notées dans celui de la photosynthèse. Par conséquent, à supposer que ces deux processus fassent appel à

des gènes différents, il serait possible, du moins théoriquement, de produire une plante de qualité supérieure, qui allierait taux élevé de photosynthèse et fixation efficace de l'azote."

Il semble également que les gènes des bactéries déterminent d'autres caractères dont l'âge auquel commence la fixation, et l'efficacité énergétique du processus. Dans ses études effectuées sur plus d'une centaine de souches de la bactérie pouvant s'associer avec les pois, Louise Nelson, microbiologiste du LRP, a relevé des différences notables dans leur aptitude à former une symbiose profitable. D'autres travaux menés par le Dr Seppo Salminen ont révélé d'importantes différences dans le métabolisme de ces souches bactériennes, qui peuvent modifier l'efficacité de l'utilisation de l'énergie lors de la fixation. Cependant, comme le souligne le Dr Nelson: "Le fait de connaître ce qui, chez la bactérie, donne des taux élevés de fixation ne nous assure pas une utilisation facile des souches améliorées de la bactérie. Celles-ci doivent, entre autres, combattre les bactéries du sol pour réussir à infecter la plante. Produire une bactérie efficace ne permet donc de résoudre qu'une partie du problème."

Selon John Mahon, l'étude de ces processus physiologiques permettra éventuellement à la Science de maîtriser la phytogénétique en utilisant des cultures cellulaires et des techniques de génie génétique. "La possibilité d'avoir une centaine de millions de 'plantes potentielles' dans une seule culture cellulaire pourrait fournir aux phytogénéticiens la même densité de population que celle qui a permis aux microbiologistes d'identifier des traits génétiques rares et intéressants dans des bactéries et d'autres micro-organismes. Cependant, l'examen d'une cellule individuelle ne permet pas de déterminer la production ou la qualité de graines de la plante qui en résultera. Autrement dit, il nous faut trouver des caractères qui soient à la fois observables dans une seule cellule et capables d'améliorer les récoltes", explique le Dr Mahon. Il est en outre d'avis que les phytogénéticiens ne profiteront pleinement du génie génétique que lorsqu'ils sauront quels gènes modifier.

La photosynthèse et la fixation de l'azote ne sont que deux des caractères à l'étude au laboratoire. L'expérience des chercheurs du LRP dans ce domaine a déjà permis de rapides progrès. Cependant, l'éternelle question scientifique de savoir s'il est possible de connaître le tout par l'examen de ses parties demeure un mystère. Mais à supposer que les processus physiologiques individuels définissent véritablement le diagramme de croissance, et qu'ils soient eux-mêmes génétiquement déterminés, et à supposer, enfin, qu'une méthode de mesure soit mise au point, alors les phytogénéticiens auront en main de nouveaux outils puissants pour les aider dans la sélection des plantes. Mieux encore, les généticiens de demain pourront s'attaquer à des objectifs spécifiques.



**Correspondance-
réponse d'affaires**

Se poste
sans timbre
au Canada

Le port sera payé par

Conseil national de recherches
Canada

**OTTAWA
CANADA
K1A 969**

DÉCOUPEZ

1983/2

ORDER FORM

FORMULAIRE D'ABONNEMENT

<input type="checkbox"/>	I wish to receive Science Dimension in English	<input type="checkbox"/>	Je préfère recevoir Dimension Science en français
<input type="checkbox"/>	Name, address printed wrongly — corrected below	<input type="checkbox"/>	Nom adresse comportant une erreur — correction ci-dessous
<input type="checkbox"/>	Mailing label is a duplicate — please delete from list	<input type="checkbox"/>	L'adresse est un duplicata — Rayez-la de la liste
<input type="checkbox"/>	Name below should replace that shown on label	<input type="checkbox"/>	Remplacez le nom figurant dans l'adresse par celui indiqué ci-dessous
Discontinue sending: <input type="checkbox"/> all publications <input type="checkbox"/> this publication		Ne plus envoyer vos publications <input type="checkbox"/> cette publication <input type="checkbox"/>	

NAME / NOM

TITLE / TITRE

ORGANIZATION / ORGANISME

STREET / RUE

CITY / VILLE

PROVINCE

POSTAL CODE

POSTAL COUNTRY/PAYS

Canada

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