

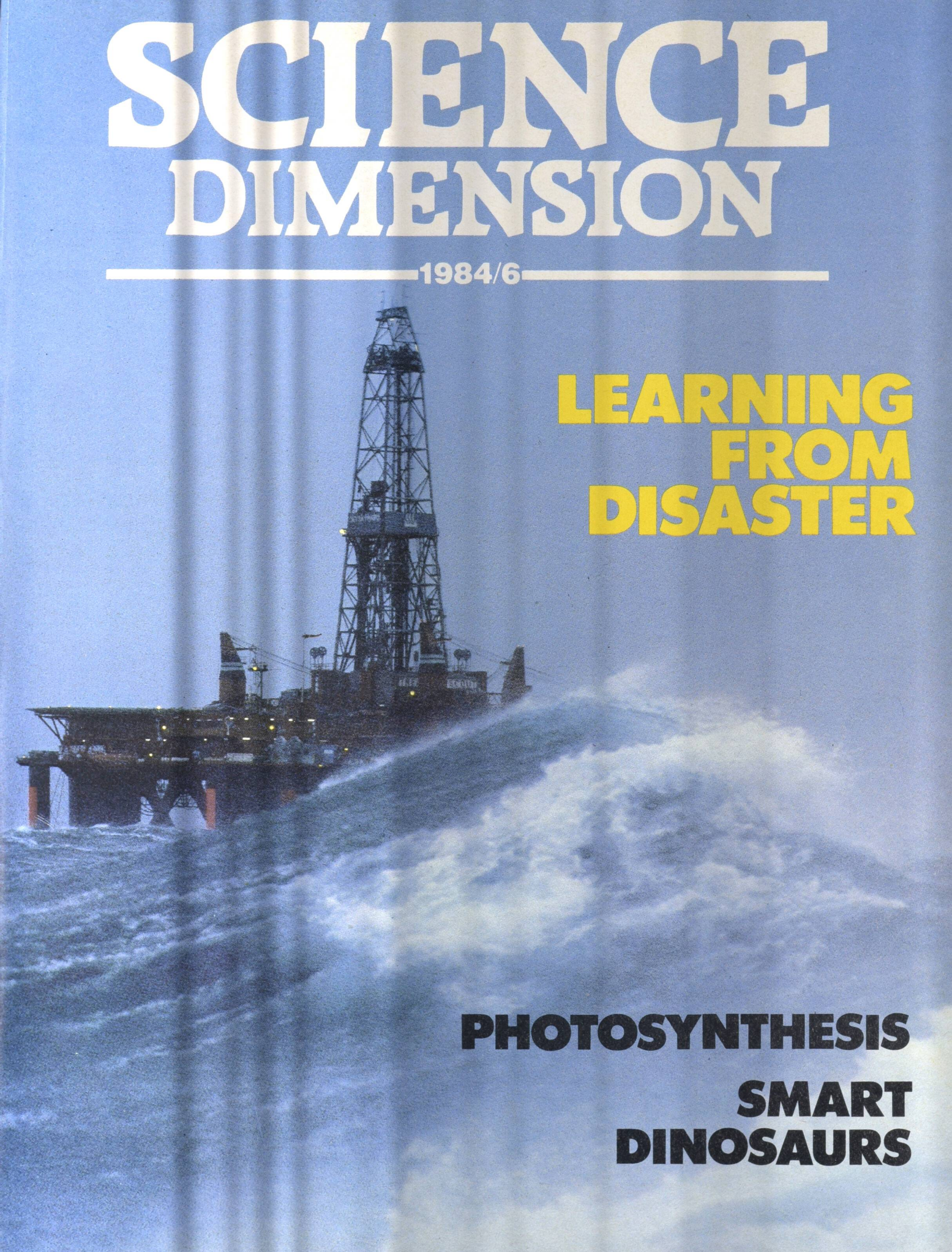
SCIENCE DIMENSION

1984/6

**LEARNING
FROM
DISASTER**

PHOTOSYNTHESIS

**SMART
DINOSAURS**



Dale Russell: A Purpose to it all

Dr. Dale Russell's entry in *American Men and Women of Science* shows that he earned his M.A. in 1960 at the University of California at Berkeley, obtained his Ph.D. in geology four years later at Columbia University, and is now Curator of Fossil Vertebrates at the National Museum of Natural Sciences in Ottawa. Russell is a world-respected paleontologist — a scientist who reads the fossil record to study ancient life. He is the author of *A Vanished World: The Dinosaurs of Western Canada*, and the editor of the proceedings of a conference on dinosaur extinction, held in Ottawa three years ago.

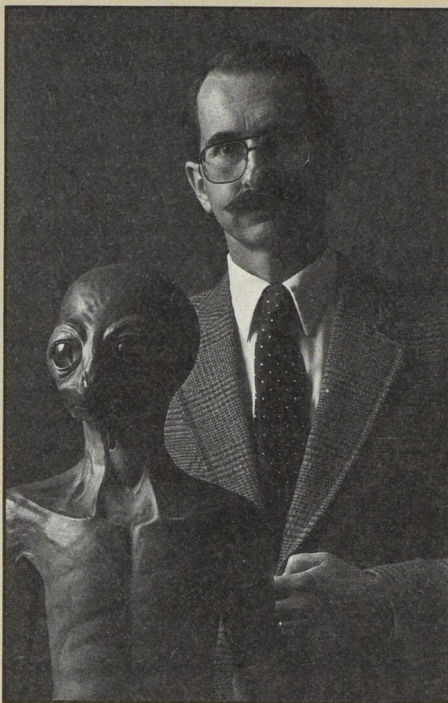
Russell almost seems a disciple of Baron Georges de Cuvier. In the late 1700's in France, Cuvier founded the sciences of comparative anatomy and vertebrate paleontology — it was said he could reconstruct a whole animal from a single fossil bone — and taught that life on Earth was periodically obliterated by floods. This theory, catastrophism, has since given way to the concept of slow and random evolutionary change driven by natural selection. If Dale Russell's ideas gain ground, however, a new look at catastrophism may get back into biology books.

Russell, like Cuvier, is noted for his fossil reconstructions. One of these is *Stenonychosaurus* (STE-no-NI-ko-SAW-rus), a small dinosaur whose fossilized remains Russell found in Alberta. The most striking features of this metre-high creature are its relatively high brain-to-body weight ratio (implying high intelligence for a reptile) and eyes that, looking forward, probably saw their world in three dimensions. *Stenonychosaurus* was apparently taking the dinosaurs away from their old stereotype of slowness and stupidity.

Russell and his colleagues did more than reconstruct *Stenonychosaurus*. They made an educated guess at what it might have evolved into, had it not been wiped out 65 million years ago with the rest of the dinosaurs. The result is one of the great might-have-beens — an intelligent 'dinosauroid' with such human characteristics as bipedalism and a large brain (see photo above).

Also like Cuvier, Russell champions a type of catastrophism. New evidence, and new examination of old evidence, have convinced some paleontologists that evolution does not proceed with perfect smoothness. Even if this theory of 'punctuated equilibrium' becomes more widely accepted, however, it has yet to be explained. The dinosaurs were not the only creatures to disappear (in evolutionary terms) overnight. 'Great dyings' have happened periodically for the last half billion years. What could be powerful enough to scour most species, at such long intervals, from the face of the Earth?

In the early 1970's, Russell was one of the earliest, most active proponents of the idea that nearby supernovae (exploding stars) could have snuffed out species on this scale. However, newer evidence points to comets or asteroids as more probable killers, and Russell now accepts them as better explanations.



Russell (right) and friend

Museum of Natural Sciences

Like most scientists, Russell thrives on debate. He espouses one theory even more controversial than extraterrestrial mega-deaths: the idea that evolution is progressive and directional, rather than merely random as a majority of biologists may now hold. Not surprisingly, his theory of directionality brings charges that his reasoning is 'unscientific'.

Freelance writer Paul Tisdall interviewed Russell late last summer in the suburban Ottawa warehouse where most of the National Museums' dinosaur fossils are stored.

Science Dimension: How did you first become interested in dinosaur extinction?

Russell: It's always interested me. I wrote a paper years ago that said we don't know why the dinosaurs became extinct, and that science shouldn't sweep the question under the rug with palliative suggestions like 'withdrawals of the seas.' These can't be tested rigorously, and obscure more than they reveal. They give the illusion of answers when we scientists really have nothing intelligent to say.

Then in 1967, Terry and Tucker proposed the supernova model. I said, 'Hey, here's a mechanism that could cause a sudden extinction on Earth.' I was enthusiastic, and it was fun to learn a little astrophysics. But it floored me that so many paleontologists wouldn't consider the model. I had the feeling that instead of saying 'We've got something here that might be interesting, something we can test,' they were saying 'That's a little embarrassing — it goes back to things we've been trying to get rid of for years, like Lamarckianism and vitalism.' (Jean de Monet, Chevalier de Lamarck (d.1829) held that acquired characteristics could be inherited; vitalism states that chemistry alone cannot explain life — Ed.)

But now, "with a growing acceptance of comets and asteroids as possible extinction vectors, people can no longer ignore mass-extinction catastrophes. Don't get me wrong, though. Some of my best friends are gradualists.

Science Dimension: It's been suggested that mass extinctions may be the main driving force of evolution, particularly if they recur every 26 million years or so. Do you agree?

Russell: That's a valid point of view, but I don't think it's time to believe it yet. Despite their huge effect, these mass extinctions probably have no biological meaning: they're just something crude and rude from outer space that hits us hard. They happen so infrequently that the biological systems of Earth can't and don't adapt to them. The overwhelming force behind life still remains natural selection.



National Research
Council Canada

Conseil national
de recherches Canada

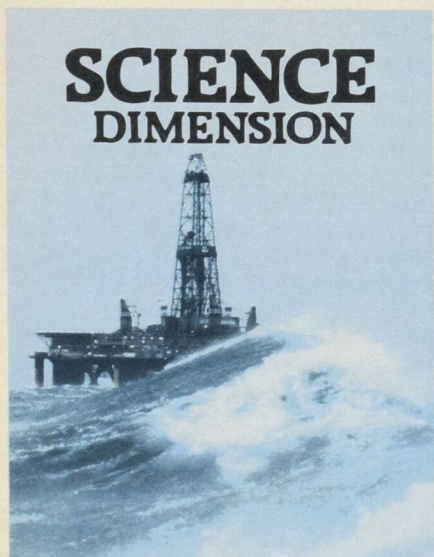
SCIENCE DIMENSION

VOLUME 16, No. 6, 1984.

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

31159-4-0011

Interview	2
Letters	4
Capsules	5
The Legacy of the Ocean Ranger	8
A Planet for the Taking	18
Photons into Foodstuffs	20
Photosynthesis research at two Canadian universities	
Suzuki	30



COVER

Beginning on p. 8, Editor Wayne Campbell reports on last summer's dramatic hearings of the Royal Commission on the Ocean Ranger Marine Disaster. (Cover photo of drill platform by Index Stone International)

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

Letters

Fair Wind

In SD Volume 16, Number 4, 1984, a letter headlined "Kudos" was run, written by H. Caron of Winnipeg, which requested a source of information on "where to purchase and how to install an alternate source of energy" such as a small wind generator.

If Caron is looking for a *very* small system, there is a manufacturer called Thermax Canada in Vankleek Hill, Ont. If it is a cottage or home-sized system sought, there is a manufacturer of such machines in Wellington, Ont.

In Alberta, Nor'wester Energy Systems of Calgary and Wind Dynamics of Blaremore both supply a range of small wind generators.

If Caron seeks information with a hands-on or nuts-and-bolts approach, there are several books published in the U.S. which provide this, any of which I could provide addresses for. If site selection and evaluative information are sought, the Ontario Ministry of Energy has just published a book guide for the small wind system user.

David Hoffman
Publisher
World Wind
Ottawa

Fair Exchange

Arabia: the Islamic World Review, an English monthly, was launched in September 1981 to provide information about the Muslim world (the Arab world in particular) and to narrow the gulf of misunderstanding between the Muslim world and the West.

With a view toward making ours a more useful magazine, we plan to start a new section on science and technology. If any material from SCIENCE DIMENSION is taken for publication in Arabia, due credit will be given your esteemed journal.

Mohammad Salahuddin
Arabia Magazine
London, England

Praise for Suzuki

Thank you for your excellent magazine. Science has become so advanced that it is rare we "common folk" have the opportunity to understand what is happening.

I would especially like to react positively to the Suzuki column on dying with dignity. In the past, we have seen scientists pass the buck with regard to ethics and values. Dr. Suzuki has placed the dilemma squarely before our eyes once again. Society as a whole must assume responsibility. That lets not one of us off the hook. Thank you, Dr. Suzuki, for saying what needs to be said.

Virginia L. Sauvé
Edmonton, Alberta

Suzuki got it right in his *Science and Death* column (#4) and I write to you, as a practitioner in one of the messier sciences — forensic science — to say how, for me personally, his message struck a profound chord.

"The Right to Live and the Right to Die" was one of the subjects discussed at the recent tenth triennial meeting of the International Association of Forensic Sciences held at Oxford, England. Vancouver will be staging the eleventh triennial meeting in 1987, and I hope the Canadians will support Vancouver as enthusiastically as they supported Oxford.

On a personal note once again, how I regret the passing of the bilingual version of SCIENCE DIMENSION! No longer can I keep up with Canadian science and polish my French at the same time. Still, we can't have everything, I suppose. Keep up the good work.

Professor Stuart Kind
Harrogate, England

SCIENCE DIMENSION is also available in French as *Dimension Science*. Readers who would like to receive it need only send in one of our periodic reply cards. Anyone interested in the Eleventh Triennial Meeting of the IAFS should contact Professor J.A.J. Ferris of the Department of Pathology, University of British Columbia, Vancouver V6T 2A9, for further details. Ed.



Long Array

I read with interest the article on radio astronomy in SCIENCE DIMENSION. It was most informative. However, I was surprised that the proposed Canadian Long Baseline Array (CLBA) was mentioned only briefly. This project, sponsored by the National Research Council, the Natural Sciences and Engineering Research Council, and associations for Canadian astronomers and geophysicists, would put Canada at the forefront of radio astronomy.

The University and the City of Lethbridge, Alberta, have worked over the last three years to gain support for this vital national project. Perhaps a future article in your publication would give your readers further information on the current status of the CLBA.

Stanley R. Heller
Co-ordinator, Information Services
University of Lethbridge
Lethbridge, Alberta

"Quest for the Invisible," the SCIENCE DIMENSION cover story for 1984 #3, stressed existing projects in ground-based astronomy at the National Research Council. The proposal has not yet received Cabinet approval, and we felt detailed coverage of it would be speculative. Ed.

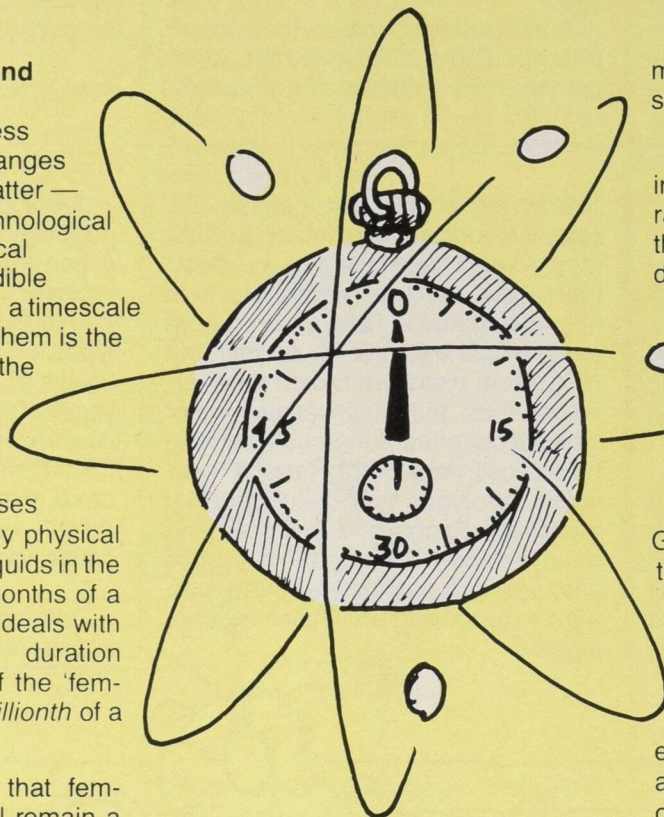
Capsules

Splitting The Femtosecond

Humanity's ability to harness chemical events — the changes that occur constantly in matter — is the foundation of its technological wizardry. But many chemical reactions occur with incredible speed. Observing them in a timescale that lets us make sense of them is the aim of the Laser Group at the University of Toronto.

Dr. Geraldine Kenney-Wallace, one of the members of this group, uses laser spectroscopy to study physical and chemical changes in liquids in the range of picoseconds (trillionths of a second). Her current work deals with laser pulses whose duration approaches the domain of the 'femtosecond' — one *million-billionth* of a second.

Kenney-Wallace thinks that femtosecond laser studies will remain a scientific frontier well into the next century. In this strange world, the frenzied dance of molecules and atoms in a liquid slows to a stately interaction of forces and collisions. Between collisions, perhaps persisting over hundreds of collisions, is a kind of 'molecular memory' determining the liquid's dynamic structure.



During the collisions, energy flows from one molecule to another. Or an electron, scattering through the liquid, can interact with a molecular vibration and suddenly shatter a chemical bond. The fate of 'free radicals,' the energetic fragments of the shattered

molecule, is then governed by the same interactive dance.

There are still stranger interactions in the femtosecond range — long-range quantum-mechanical forces that Kenney-Wallace likens to a sudden glance across a crowded room.

Kenney-Wallace's group and NSERC (the Natural Sciences and Engineering Research Council) have held several workshops for academic and industrial researchers, discussing Laser Group discoveries and encouraging their application. Kenney-Wallace suggests that femtosecond laser investigations might shed light on the ultrafast transport of 'electron holes,' the process that underlies modern micro-electronics in semiconductors such as amorphous silicon. Another kind of electron transport is believed to be a key element in the function of brain neurotransmitters and color photography. And fast electron transport is at the root of dielectric breakdown, a common problem in the insulation of high-voltage transformers.

Bruce Henry is a freelance writer in Toronto.

Chips Off a New Block

In the world of communications and computers, silicon reigns supreme as *the* material for making integrated circuits. But now another substance, much faster and more resistant to heat and radiation than silicon, is emerging from the laboratories. Gallium arsenide (GaAs) could be the logical choice for high-speed integrated circuits of the future, and the National Research Council and Bell Northern Research have launched a joint 14.4-million dollar research project, under NRC's Program for Industrial Research Projects (PILP), to develop GaAs technology.

Integrated circuits (IC's) are built on tiny chips of crystalline semiconductive material, usually silicon. A typical chip might contain 50 000 transistors in an area several millimetres square. These devices perform complex electrical functions much as normal circuits do, except faster and at a much lower cost. Gallium arsenide integrated circuits are five to ten times faster than ICs made out of silicon. According to NRC's Dr. James Robar, the energy band structure of the GaAs crystal, which makes its electrons mobile and extremely fast, accounts for the speed in IC's made from gallium arsenide.

This speed, along with gallium arsenide's high heat and radiation tolerance, make GaAs ICs suitable for military and communications applications — for example, circuitry in satellites. But even for applications on Earth, Gallium arsenide's heat resistance is a plus. All integrated circuits give off heat when they operate, and as the density of transistors on the chip increases, temperatures in the IC will rise. Typically, silicon can tolerate temperatures of around 80 degrees Celsius; but gallium arsenide can easily withstand temperatures of 200 degrees Celsius. Thus, computers using GaAs chips can not only compute faster, but also run hotter —

providing advantages in costs and performance.

Currently, however, the disadvantages of gallium arsenide outweigh its advantages. The material has been of research interest for a decade, but technical obstacles still prevent its large-scale production. Only one element must be controlled to produce

silicon semiconductor wafers; but with GaAs, two materials must behave. One of these materials, arsenic, is toxic and volatile at the high temperatures needed to make crystals.

Such problems make the current price of GaAs IC's very high compared to their silicon counterparts,

and gallium arsenide is cost-effective only in certain speed-critical applications. The NRC/BNR research project aims to perfect the technology needed to consistently manufacture reliable, inexpensive IC's with high production yields.

Anne McIlroy is an Ottawa freelance writer.

Synthetic Immunity

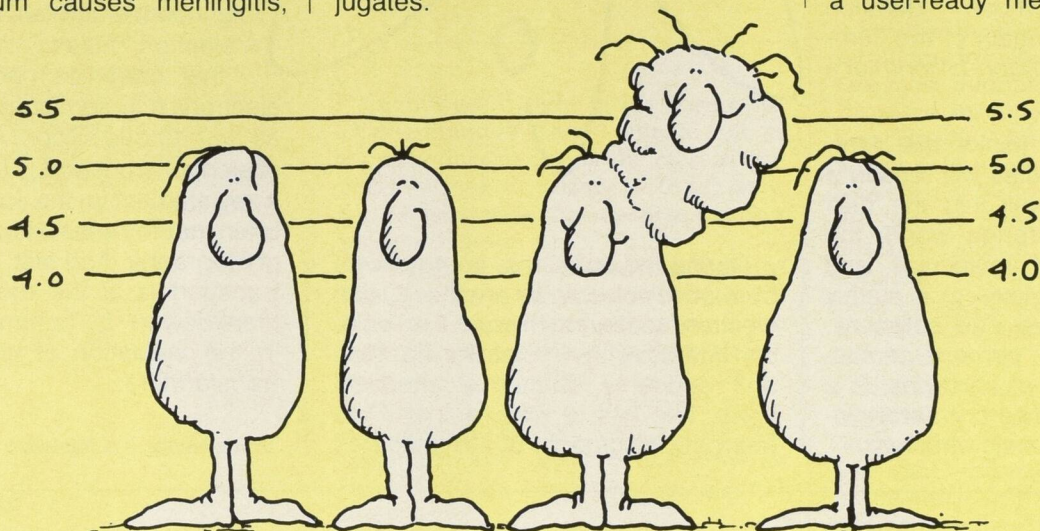
Cerebrospinal meningitis is an inflammation of the membranes surrounding the brain and spinal cord. Usually, it affects young children and is caused by bacterial infection. Antibiotics can cure it, but victims often suffer lasting damage.

The best 'cure' for meningitis would be never to contract it, a protection which a vaccine for meningitis would provide. But a meningitis vaccine has proven very difficult to produce. No one bacterium causes meningitis,

Now an NRC team led by Dr. Harold Jennings has taken the first step toward developing a *synthetic* meningitis vaccine, which provides immunity-causing antigens without using whole bacteria. To do this, the NRC team used two recent developments. First, the chemical makeup of 'polysaccharides' (long-chain sugars) on the cell walls of the various meningitis serotypes had been precisely identified. Second, techniques had been invented for combining these serotype polysaccharides with proteins to form what are known as 'conjugates.'

Jennings's team then linked the polysaccharides with tetanus toxoid, a non-toxic protein used in tetanus vaccines. The resultant conjugate was found to produce both immunity types in infant animals. Jennings's choice of tetanus toxoid as a protein vector for the conjugate is a particularly effective stroke, because the toxoid has been administered to hundreds of thousands of children in standard diphtheria-tetanus-whooping cough vaccine, with no ill effects.

Jennings says the development of a user-ready meningitis vaccine is



and those that do exist in several variants or 'serotypes,' some of which are resistant to antibiotics.

Traditional methods of vaccine production use the actual micro-organisms that cause the disease, 'attenuated' or reduced in strength. This provides the body's immune system with antigens, the alarm signals it needs to identify and fight the real disease. Meningitis bacteria, however, have proven difficult to attenuate. People preparing and receiving a real-bacteria meningitis serum are thus at high risk.

The body's immune system reacts most strongly against proteins — they are the 'antigens of choice.' Polysaccharides from a bacterial cell-wall, however, can also function as antigens. Jennings and his team first prepared a synthetic vaccine using these. Being only fragments of disease organisms, bacterial polysaccharides are harmless; yet (in experiments done outside NRC), they induced both of the two possible types of immunity in adults. In young children, however, the meningitis-serotype polysaccharides were less effective, producing only one immunity type.

now just a matter of time. Much work, however, remains to be done. Not all polysaccharide-protein conjugates produce the same immunity. And each conjugate provides immunity to only one bacterial serotype, so that a user-ready vaccine must contain many different serum preparations. Research teams in several countries are now making and testing such conjugates. Results are encouraging, says Jennings, and "there is every hope that a universal vaccine capable of stopping meningitis will soon be a reality."

Cleaner Coal

Next to the ever-fickle market for their product, modern coal mines face few headaches equal to what to do with tailings ponds. These oozing black moonscapes are costly, unsightly,

as multi-million-tonne seams of valuable, low-ash coal.

After more than 10 years of lab research and pilot projects, techniques pioneered at NRC will be put to work at a tailings pond in Sidney, Nova Scotia. Under a licence from NRC, Guildcraft Ltd. of Markham, Ontario will operate a commercial installation at Sidney Mines' Princess Washplant to reclaim coal from waste water and clays.

Tailings ponds are partly the result of modern demands for cleaner coal.

into "fines" — particles too small to be handled.

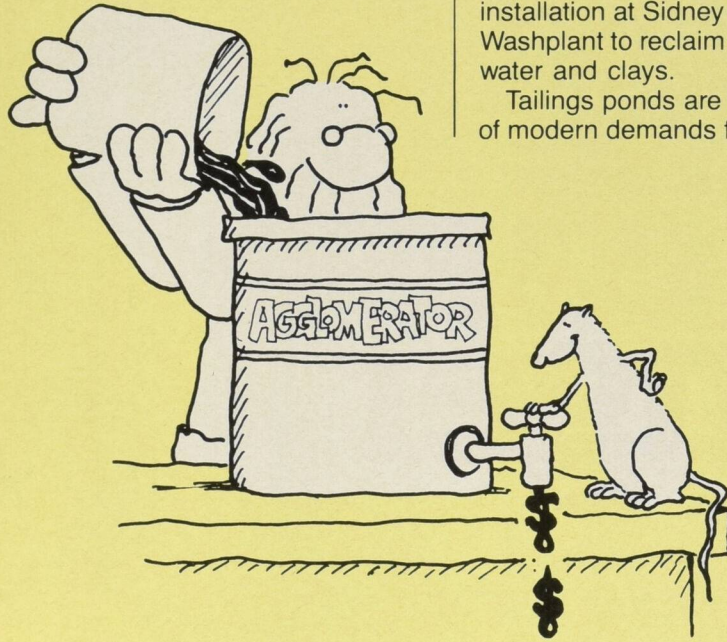
The fines leave the upgrading plant not as a salable product, but as part of a watery "slurry" that must then be pumped into ponds. Here, water and other liquids evaporate, while solids — coal and impurities — settle out.

The NRC 'oil agglomeration process' separates 95 per cent of the coal fines from the slurry before it leaves for the tailings pond. Small amounts of oil are introduced into the slurry, and high-speed agitation beats the oil into droplets. Then, through capillary forces, these droplets "wet" and draw together the coal fines. The principle is akin to what makes a cold glass stick to a smooth tabletop on a summer day.

Non-coal solids, which have surface properties different from coal, cannot be wet by oil and remain suspended in the water. A screen then filters out the coal-oil agglomerates, while allowing the impurities in the slurry to pass through.

The process has several advantages. Its major cost is the oil; but when the reclaimed fines are used as fuel, all the heat value of the oil is retained. The oil need not even be high-quality. Furnace oil, bunker oil, and even recycled waste oils will all do.

Barry Estabrook is an Ottawa writer.



and dangerous — yet are currently unavoidable in North American coal mining. But to Dr. Ed Capes, head of NRC's Chemical Engineering Section, tailings ponds are not so much expensive environmental headaches

Much coal emerging from the mineshaft is of poor quality, and must be upgraded — especially to reduce air pollution when it's burned. But during this upgrading process, up to 20 per cent of the usable coal is ground

Cracks Of Doom

Metal fatigue is wholly or partly responsible for almost 100 plane accidents a year worldwide. At NRC's National Aeronautical Establishment (NAE), engineers are studying the problem and ways to avoid it.

According to Dave Simpson, head of the NAE group investigating metal fatigue, gusts of wind and aircraft manoeuvres put stress on metal parts. Although the parts are designed to withstand a maximum stress level without breaking up, over long periods stress levels lower than this amount can cause cracks in the metal, possibly leading to structural failure and an accident.

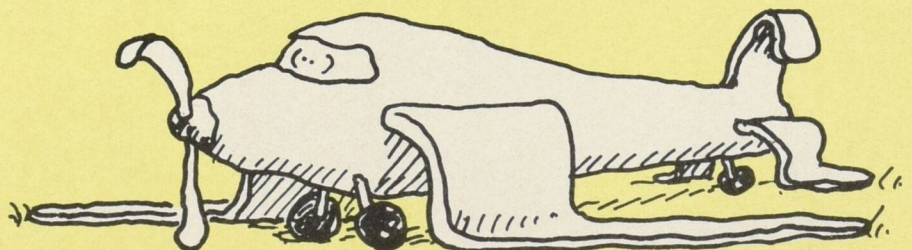
One of the ways the NAE engineering team combats metal fatigue is by

conducting tests on full-sized aircraft. Their laboratory is large enough to house a Canadian Forces Tracker, submitting the airplane to a battery of computer-controlled fatigue tests. These simulate real-life stresses, and usually end by breaking up the plane. But at the same time, the tests derive enough information to set new safety standards for the industry and prolong the life of other aircraft. The

Tracker tests, for example, mean the Tracker will last four times its original design life — 20 000 hours instead of 5 000.

Aeronautical engineers can also evaluate new testing methods in these full-scale tests. In the Tracker program, for example, they used the noise of cracking metal as an indicator of damage.

Anne McIlroy is a freelance writer in Ottawa.



Cartoons by John Bianchi

The Legacy Of The Ocean Ranger

Last summer's hearings of the Royal Commission on the Ocean Ranger Marine Disaster revealed much drama, some disagreement, and a strong determination that similar accidents will not happen again.

by Wayne Campbell

There is a region of the Atlantic Ocean about 170 km southeast of St. John's, Newfoundland, where the presence of humans is no longer felt. Apart from the thinning squadrons of tuna and cod there is no evidence of man, only endless tracts of cold, grey waves rolling to the push of the North Atlantic winds. For human artifact you have to go down through the depths to the ocean floor. There in the submarine gloom, lying on its back with its great caisson legs pointing upward like some huge, stricken beast of the land, is the drilling rig Ocean Ranger.

The rig, the largest semisubmersible platform of its day, disappeared one night three years ago in a winter gale. The problem for the oil industry and government regulators was that the Ocean Ranger was designed to weather such a storm easily.

What went wrong was painstakingly reconstructed in the aftermath, and the first report of the Royal Commission on the Ocean Ranger Marine Disaster, published in mid-August 1984, laid the blame across the breadth of the oil-seeking enterprise. Later in the month, in St.

John's, Newfoundland, the Commission sat again; this time to listen to an invited, international group of experts from industry, government, and the universities hammer out ways of making life safer for the men who go to sea in oil rigs. Not surprisingly, the criticisms in the first report touched many of those attending the three-day meeting at Newfoundland's Memorial University.

But the Commissioners were not there to comb over once more the events that sank the Ranger. Instead, they came to listen to, and learn from, the experts — hoping in the outcome to put a system in place that would prevent such a tragedy from happening again. The Commissioners were looking for information on which to base concrete policy advice to the Governments of Canada and Newfoundland on a new standard of offshore safety. Their ultimate aim was a level of 'acceptable risk' that everyone could live with.

Risk, whether in driving a car or stepping into a bathtub, is present in all human activities, and arriving at a level we deem acceptable is a com-

plex — and often cold-blooded — process, which balances things like economic factors against the value we place on safety. Such a process occurs when a government, understanding that an agent like PCB is statistically linked to human cancer, sets maximum exposure levels for its citizens. It is an actuarial calculation reflecting what consequences we are willing to tolerate from a given cause.

To decide what constitutes acceptable risk on the drilling platforms of the Northwest Atlantic, the Commissioners had to wade through a complex set of discussions, descriptions, and arguments that touched on practically all aspects of offshore drilling. They were told of the sea climate, and how rigs are designed to withstand the worst-case scenario of the "hundred-year storm." They heard how workers could be saved from rolling drill rigs in emergencies, and how people interact with machines and one another in normal times and crises. Finally, they listened to a long, heated discussion on the best means of regulating the industry to ensure that safety procedures are followed. The results of



Senior chairman Omond Solandt: Looking ahead

these deliberations will be published in the Commission's final report.

It would have been surprising if such a disparate group did not continually refer back to the sinking of the Ocean Ranger in developing its points, and it was here that some interesting disagreements took place. Of these, the criticisms of the owner-designer of the lost rig, aimed at the classification societies responsible for seeing that rigs are designed and built according to regulations, were perhaps the sharpest. Despite these disagreements, however, things at the August meeting went well and with relatively little acrimony — a testament to the assembly's professionalism, and to its shared concern for the lives of the men who work on those isolated, often perilous platforms. It escaped no one's notice that the very act of hammering out a new safety regime to govern the industry could not but further illuminate the causes that sent the Ocean Ranger to the bottom of the sea.

To mediate disputes and to ensure the absence of bias, the Commission chose its chairmen from outside the oil industry. The senior chairman, Dr. Omond Solandt, a retired senior scientist, shared the podium with Ronald Hemstock, president of the Canadian Council of Professional

Engineers; Gordon MacNabb, president of the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC); Dr. Ara Mooradian, senior vice-president of Atomic Energy of Canada Limited (AECL); and Dr. Ted Hodgetts, a professor emeritus at the University of Toronto. These men chaired sessions that featured talks from a variety of experts drawn from the oil industry. Their diplomatic skills were needed on several occasions, particularly during the question periods — which too often gave over to long statements of position rather than to queries of the speakers. But despite the appearance of what NSERC's MacNabb called "defensive mechanisms" and Hodgetts described as "tensions in the community," the mood of the assembly was upbeat. It seemed committed to its role of giving the Commissioners something of lasting value.

In the keynote speech that opened the Hearings, oilman-engineer Gordon Harrison said that the technology in place was just fine, and that here they were dealing with a human problem. Harrison's solution

Workers aboard a drill platform. According to co-chairman Ted Hodgetts, any safety regime is "simply the discipline imposed upon the actors."



was to put a single top manager in charge, solely accountable for the entire operation — the kind of "monomaniac with a mission," in Harrison's phrase, who runs most successful companies. The erosion of accountability in large engineering projects, Harrison said, could likely be traced back to the collapse of Scotland's Tay Bridge a century ago. The disaster claimed 75 lives and was blamed on Sir Thomas

One oilman wanted "monomaniacs with missions" to solve safety problems

Bouch, who had designed the structure, supervised construction, and controlled the quality of materials, and who even took charge of maintenance after the bridge was complete. According to Harrison, the "database of technology" had simply become too large to let any one person, even an acclaimed master builder like Bouch, handle the whole job alone. Technological complexity had ended the age of such "renaissance men." Thereafter, Harrison explained, governments relied on compliance with formal codes and regulations rather than on the direct personal accountability of the people involved to ensure safety. Today, the responsibility for safety in the areas of design, operation, and maintenance "is virtually impossible to tie down."

Harrison's clear, no-nonsense solution to the safety problem was challenged by a number of people over the next three days, notably by AECL's Ara Mooradian. Harrison's thesis, however, helped crystallize what was easily the most productive session of the proceedings — the discussion on the meaning of 'accountability.' On the final day, during the chairmen's summaries and an open discussion from the floor, the proceedings began to develop a consensus.

Clearly, much more data on the environment were needed, both to forecast weather accurately and to

provide designers with a better description of the winds, waves, and ocean currents that place stresses on their structures. As one rig designer explained, present design practice must take only wind stresses into account! There were sharp disagreements among the structure experts, which illustrated, according to Dr. Omond Solandt, that the field is "still an art, not a science." Solandt felt that this "interaction between environmental information and structural design" was a classic case of the interface between science and engineering. Science, always conservative, would say that there are not yet enough data about the environment off the Grand Banks, or its

stress effects on structures, to do a proper rig design. Dr. Hodgetts referred to this as the scientist's "clearly inexhaustible appetite for yet more data." Engineers, on the other hand, want to drill immediately — a reflection of the hard economic realities that shape their professional lives: time, after all, is money to their clients. They can't wait the decades needed by scientists to produce a completely safe, reliable rig. But in going out to sea they have proceeded cautiously, first drilling in shallow, sheltered waters, redesigning with this experience, and then moving into the deeper, more difficult seas that require semi-submersible rigs.

In the session on man-machine interfaces, two important points came to light. First: much more so, jobs should be adapted to workers, not the other way around. This is especially crucial in emergencies when, even if they do not panic, people show 'degraded responses.' University of Toronto industrial engineer Patrick Foley termed this inability to handle information coming in from more than one monitor or dial "cognitive block." Foley's wide-ranging, engaging talk was highlighted by his redesign of the North American woman to fit the big cars produced by the North American auto industry in the 1970's. Foley's "Detroit Woman" had her left

A 'square-peg problem' made the Ocean Ranger tip





Manfred Buchelt

AECL's Ara Mooradian: It's tough to stuff a nuclear power reactor in an automobile.

arm longer than her right, oversized calf muscles, and eyes on top of her head. (Here Hodgetts remembered a line from Voltaire's *Candide*: "How wonderful that God designed our feet to fit our shoes!") Don't take square-peg humans and try to hammer them into round holes, was the Foley message. Rather, reshape the holes as squares. One such 'square-peg problem' involved the Ocean Ranger's ballast-control machinery. After the automatic control system failed, workers were forced to deal with a manual backup system with which they were unfamiliar. This ultimately led to the tipping of the rig.

The second major point of the man-machine session was that rig designers do not use technology to its fullest extent. Chairman Gordon MacNabb remarked that there is still no machinery in the drilling process that automatically guards against blowouts, dangerous losses of pressure in the drillhole. MacNabb compared this with the nuclear industry, where safety systems that prevent the meltdown of a reactor core (spec-

iously termed the "China syndrome") are automatic, requiring no human participation. He also cited the space industry, where a launch is so carefully controlled that it can be aborted at the last second. MacNabb attributed this state of affairs in part to the nature of the offshore drilling enterprise, which draws its community from both the marine and petroleum industries. These, said MacNabb, are two very different sectors of the economy. Acceptance of peril is part of a long marine tradition, while the petroleum industry's drilling wing brings with it a feeling of the frontier, where individualism is prized and the feeling is "hands on."

The discussion on how to handle emergencies centred on ways of redesigning lifeboats and other life-saving equipment. Here the search and rescue people were critical of the rig systems, which they said were meant for ships. According to one naval doctor, an expert in cold-water survival, even full-immersion suits are poorly designed for saving lives (see box). This was a key point made in the Hearings' opening address by Gordon Harrison, who felt that his theoretical 'super manager' would have completely rejected the escape and survival system on North Atlantic rigs as largely useless.

To those who felt that science and technology could come up with better designs quickly and cheaply, however, AECL's Mooradian said flatly that this attitude betrayed a misconception of how scientific and technical development proceed. The design of a new lifeboat system, he said, would be no small job: it "would take... several millions of dollars and years of effort." Under-scoring the problem of turning a scientific concept into workable technology, Mooradian added: "It's easy enough to build a nuclear power reactor, but a heck of a job to put one in an automobile."

There was straightforward agreement that the current search and rescue systems operated by the Coast Guard and Defence Department were inadequate to handle rig evacuations. But rather than distort the present system, we should add another system especially tailored to the rigs.

Who should regulate offshore drilling? The industries implied it should be left up to them, while government agencies insisted that the responsibility be theirs. But the sides were not that far apart, and appeared to feel that although regulations should not be unnecessarily detailed (a penchant of bureaucratic agencies), some things must still be specified firmly and in great detail. The training of personnel for survival was one example. Gordon MacNabb lamented the absence of formalized qualification requirements for key rig positions; this was, he said, "particularly unfortunate in a country like Canada, with its world leadership in simulation training technology." This in turn opened up the global nature of offshore oil, and the difficulties of regulating design, construction, worker certification, and management procedures in an international industry. In this vein, Dr. Hodgetts worried that the current lack of international agreement would ill-dispose rig operators to voluntarily foot the bill for improved safety.

Reverberating through all these discussions, perhaps even acting as a nexus for the sessions, was the subject of accountability. Dr. Hodgetts observed that many people at the

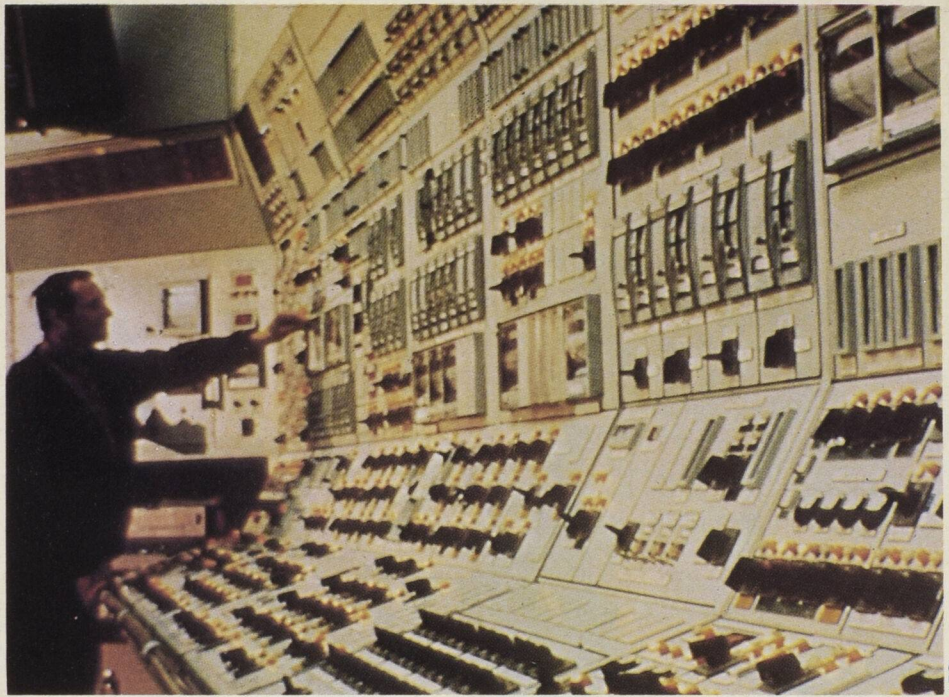
The Royal Commission on the Ocean Ranger Marine Disaster met last August to hammer out 'acceptable risk' for offshore drilling platforms such as these.

Hearings talked about *responsibility*, which he considered "a loaded, weasel word" because it can be used either in the personal sense (I am a responsible person) or in what Hodgetts called "the really gutsy way" (I am accountable for the performance of my duties). He thought

Rigs might avoid disaster the same way that nuclear reactors avoid the 'China syndrome.'

that politicians chose the first use with alarming frequency. But to Hodgetts, no one used the word with more meaning than Ara Mooradian, when the AECL vice-president took issue with Harrison's thesis that putting an 'accountable' chief executive in charge would solve the safety problem. "Chief Executive Officers fail with the same monotonous regularity as the rest of us," Mooradian said.

Mooradian then proceeded to explain how he felt accountability should work. In doing so, he seemed to get closer than anyone



AECL

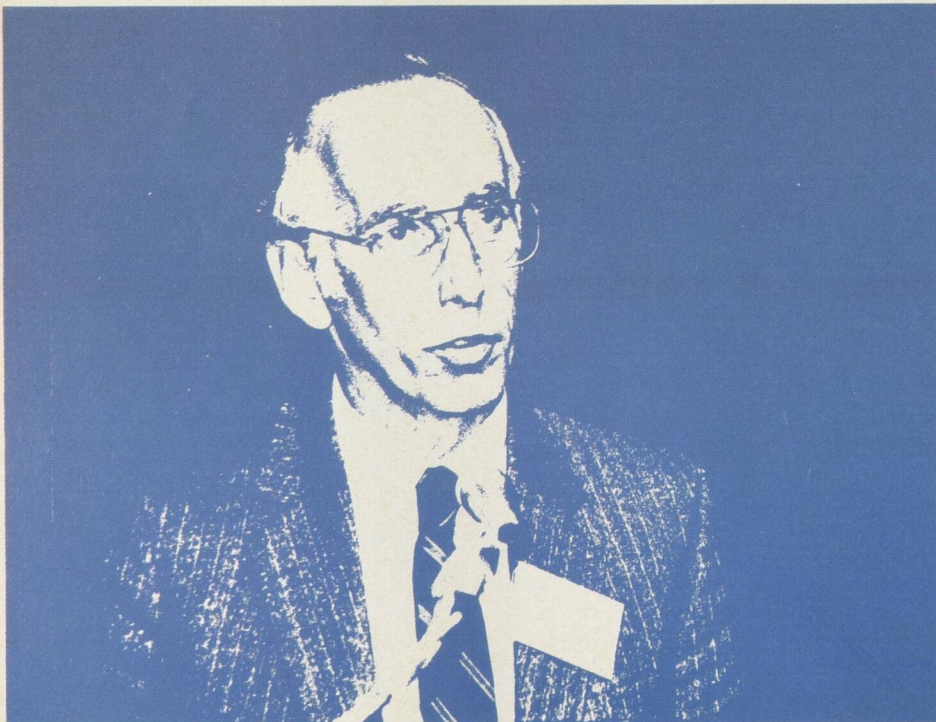
else to exactly what 'acceptable risk' means in a safety regime. All along the line in a nuclear power plant, he said, workers have a clear set of signals that they are held accountable for following in a predetermined way. A running reactor is allowed to operate with only slight perturbations from 'normal' function: slim tolerances, if you will. Only these allowances are acceptable within the administrator's safety regime. Step

The control room of a nuclear power reactor. A reactor's slim operating tolerances, detailed contingency plans, and clear chain of command give it an unmatched ability to catch accidents before they happen.

outside this regime, however (and this involves data from *any* monitor in the powerplant), and you have an 'incident' that must be reported. Depending on the problem, explained Mooradian, engineers or scientists then "chew on it" until it is understood and corrected. Thus, the safety regime in a nuclear plant gives its workers a "response capability" well before the reactor moves into a region of potential catastrophe. An integral part of this response capability involves a clear chain of command.

By contrast, the signals in the Ocean Ranger's chain of command were confusing. There were both a rig master and a toolpusher aboard, both of whom had some authority. Although the operating company's command structure clearly identified ultimate authority, it was not necessarily clear to the crew whom they should turn to in an emergency. As well, the recording of significant incidents was, for all useful purposes, absent. And yet, warned MacNabb, "we must pay attention to incidents before they become accidents."

According to Hodgetts, any system of accountability is "simply the



Manfred Bucheit

Gordon MacNabb of NSERC: Paying attention to 'incidents' before they become accidents.

discipline imposed on the actors" — i.e. the workers. Workers on the Ocean Ranger were not paying attention, he charged, "because no one was accountable."

One of the hardest-hitting statements of the Hearings came from Dr. Terry Petty — president of ODECO Engineers Inc., owners and designers of the Ranger. By accusing the classification societies of gradually eroding the safety margins that govern rig stability, Petty took accountability out of operation and maintenance, into the arena of design and construction. Petty said that present classification rules permit him, as an engineer and designer, to allow a rig to heel over as much as 20 degrees off horizontal, whereas rig workers are ineffective working "at any (deck) angle beyond 12 degrees." The classification societies

also permit a designer to assume that all "damage events" will occur only in calm seas and in winds never exceeding 50 knots; yet at the same time, they also allow the rig deck to become submerged with seawater — "knowing full well that the deck isn't designed to withstand seawave forces driven by winds as low as 50 knots."

In view of this, said Professor Edgar Gold of Dalhousie University Law School, someone 'accountable' in the offshore industry should consider pulling all other rigs off the ocean until the matter is settled. Said Gold: "The aviation industry grounded a whole series of aircraft — the DC-10 — for long periods after what simply *seemed* to be a design problem."

In his closing summary to the Commissioners and the Hearings,

chairman Omond Solandt was optimistic about the goodwill among the agencies involved in regulating the offshore industry. He referred to Britain's umbrella organization responsible for its North Sea oilfields, suggesting that Canada might adopt this as a model for its own organizational structure. One of the main features of the British approach, Solandt said, is that it not only includes people from industry and government, but also has a strong representation from the research side. This underscored one of Gordon MacNabb's points: that the oil industry must do a lot more research, in co-operation with governments and universities. Solandt envisioned an organization that

Continued on page 16

British Columbia researchers are already on the track of ways to prolong cold-water survival in marine disasters. Drs. David Goodman and Igor Mekjavic, of Simon Fraser University (SFU) in Burnaby, are working with Mustang Industries Limited of Richmond to improve protective thermal clothing.

"Without some kind of protection in water colder than 5 degrees Celsius," says Robert Askew, Mustang's development manager, "most people die within an hour. A 'thermal abandonment immersion suit,' however, can prevent a dangerous drop in body temperature up to and beyond 24 hours. The time varies with the person."

Except for the face, the standard marine abandonment suit totally encapsulates its wearer. It allows the wearer to float indefinitely and takes one minute to put on. Even in water as cold as 0 degrees Celsius, it prevents body temperature from dropping more than 2 degrees Celsius in 6 hours, and is now legislated for use on all oil rigs.

Clothing worn on the job is also designed to protect from cold, Askew says:

"If someone falls overboard, or a small vessel suddenly capsizes, there's no time to don an abandonment suit. With a working suit, we

The First Minute



This marine abandonment suit can mean the difference between life and death

compromise a little on thermal protection; but it still helps the person in a crisis."

There is a paradoxical hitch, however. According to SFU's David Goodman, people who wear insulated working suits suffer from heat stress — hyperthermia. Although

they get too cold in the water, out of the water they get too hot!

"We'd like to develop work suits that protect people in emergencies but still wouldn't cause their performance to slip because of heat stress," Goodman says.

In the labs at Simon Fraser, a 'hypo/hyperbaric chamber' simulates a variety of exposure conditions to test protective clothing. Forcing air into the chamber simulates dives of up to 30 fathoms (54 m); removing air from the chamber mimics high altitudes. A second chamber, for climate control, exposes people wearing thermal clothing to extremes in temperature. SFU has been working on thermal clothing for the past three years. Mustang already provides protective clothing for oil companies, other industries, and the Canadian and U.S. Coast Guards.

"Ideally," says Mustang's Askew, "everyone working on the cold oceans should have both a working suit and an abandonment suit — though this may not yet be deemed economically practical." It also seems impractical to predict how people will respond to a crisis. One minute's warning in theory be enough to don a suit — but who can predict whether someone will use that first critical minute to put his abandonment suit on?

by Sandra Bars

would not rest content with putting good regulatory mechanisms in place, but would continually adapt them to changing conditions through its research arm. Said Solandt: "They could even look ahead to what's coming... and what answers of a practical nature (would be) possible."

Many impressions lingered after Newfoundland Chief Justice T.A. Hickman, the Commission Chairman, thanked the assembly and wrapped up the Hearings. There was the fascinating mix of accents — Texan, Norwegian, Scottish, English, Canadian — that echoed the international flavor of the Hearings. As well, the participants exuded a feeling of confidence and action, despite the reason for their meeting. In their various ways, these technocrats and engineers deal with the real world day by day, a world that is sometimes a harrowing and dangerous place. Their professional competence often translates into matters of life and death for the rig workers, whose safety lies in their hands. Though they dressed in expensively-cut suits of black and brown and grey, they looked as if they would be equally at home in coveralls and hard hats, out on some ocean platform swinging in the wind. Throughout the Hearings there was an energy which seemed to derive from the Ocean Ranger disaster itself; and stemming from this, an almost palpable desire to get at the root of the problem, and quickly to give the Commissioners the



The risk-takers: offshore oil-rig personnel report for duty.

needed advice on which to base their decisions.

Finally, there was the sense of a communal contribution of expertise from the various highly-specialized, data-rich sectors of the offshore economy. In the chairmen who distilled the lessons of the sessions, there was even a whisper of the vanished Renaissance man come back in

A capsized lifeboat from the Ocean Ranger



DND

modern guise: a kind of Renaissance group man. Certainly the four conference chairmen covered the gamut of the offshore enterprise in their summaries, and senior chairman Solandt acted in the end as an integrator of all this information. The sum of their efforts will, perhaps, re-establish the accountability that held sway in other days, bringing acceptable risk down to levels where accidents like the Ocean Ranger *do not* happen. Bridge-builder Thomas Bouch, "the poor, benighted engineer who died of shame" as Dr. Hodgetts described him, might have known a different fate with such a community of experts at his back. ☹

Continued from page 2

Science Dimension: Recently you've become interested in the idea of progress or directionality in evolution. Why?

Russell: Many people say that evolution isn't directed: genes change randomly, and these changes get passed on whether they benefit an organism or not. This view has almost no speculation on what form, what 'morphotype' in biologists' jargon, natural selection will ultimately produce.

But that's not the way I look at it. I think that the struggle for existence selectively seeks certain morphotypes. Certain forms keep appearing over and over again simply because they work. The process is called convergence. Nature has arrived at dog morphotypes starting from both mammals and marsupials; similar things have happened with birds and fish.

You see a lot of convergence in the fossil record. One dinosaur that lived in Central Asia had a skull that looks like a modern parrot skull. It must have operated the same way, but it didn't belong to a parrot. It's from a dinosaur and it's 70-odd million years old. Some of the armored dinosaurs with tail clubs are dead ringers for certain mammals; some of them looked like sloths, others had a chewing apparatus much like a modern cow's. When you see these instances of convergence all through dinosaurian evolution, you have to think there's some kind of an ideal morphotype that's the best solution for a particular situation. Convergent morphotypes fit their niches so well that the niche seems almost a mold for the form. It doesn't matter if the niche occurred in the Cretaceous or occurs today.

So if nature 'sees' advantages in cows and dinosaurs, why shouldn't nature 'see' the advantages in something like man — a creature with tool-using hands and the ability to handle new situations? There are random processes in evolution, certainly; but there's no reason why random processes can't work toward consistent ends.

Science Dimension: Hence the dinosauroid?

Russell: This is what we wanted to say with the dinosauroid. The fundamental message of a dinosaur brainy to the point of consciousness was that 'man,' if not necessarily mammalian man, may be some kind of preferred evolutionary target. Over time, in fact, the difference between man and dinosauroid becomes trivial. That one derives from something we call a dinosaur, and the other from a primitive primate, is insignificant. What's the difference? The form is dictated by environmental constraints. I do add one caution. Because Earth's physical environment has been stable almost to the point of monotony for the last five hundred million years, one can be tempted to think that evolution merely adapts organisms to physical environments. I think this has

been overstressed. More important is the adaptation of organisms to one another: the real environment includes not only physical conditions, but other living things as well.

Science Dimension: Has your concept of evolutionary direction brought charges of vitalism?

Russell: I suppose so. But I'm reporting what I see; if people don't like what I report, it doesn't make it any less real. We talk of inanimate things like stars and galaxies evolving toward predictable ends, and I think that biology works in the same way. It's going someplace; why don't we try to discover where that is?

Science Dimension: Where do you think it is?

Russell: It's pretty obvious to me we're headed toward increasing complexity. For us, *Homo sapiens*, I suspect we won't stay here on Earth for the rest of our existence. The human biomass may be fragmented all over the Universe one day; and since space is so vast, there may be more genetic drift, giving us new human subspecies — maybe even a new species altogether. There may also be intelligences other than ours, which makes the current search for extraterrestrial life a legitimate operation.

The thing is, no one knows. It's impossible, at least for me, to predict where our journey's leading. It's easy to say that life's getting more complex, but hard to foretell the things that might happen as a result. How could you know that a happy symbiosis between a fungus and an alga would produce a land plant? But that's the lichen, which first took life out of the sea and colonized the continents. How could you predict a technological civilization from the tissue between our ears, or a genetic code from the behavior of atomic particles? This has no bearing on the existence of directionality per se. Not knowing *where* you're moving is quite different from not knowing *if* you're moving.

I can't understand why so many biologists seem to deny the directionality of evolution. Are we to believe that mankind is the most complex thing the cosmos can produce? It's impossible for me to accept that. We occupy a point of time in a great evolutionary continuum; we can hardly say it's the pinnacle of biology when we've seen so much progress in the past. Besides, we have millions, if not billions, of years left to go.

Our Western philosophical tradition is historical and progressivist: it has a beginning and an end. I think evolution is like that too. I don't want to make a metaphysical case out of this. I want to make a paleontological, biological, and evolutionary case. As far as divine causality goes, that's simply not the province of science. Of course, if someone can demonstrate by some miracle that evolution is random, then I'll believe in miracles! ☾



A PLANET FOR THE TAKING

by Sandra Bars

CBC-TV's *The Nature of Things* has recently completed a series called **A Planet for the Taking** which raises some fundamental questions about Western science and technology. Acclaimed geneticist David Suzuki is the series' host, and, as Executive Producer James Murray explains, the title is very appropriate to the content: "We're looking at what the human impact on nature is. We behave as if we are apart from nature rather than a part of it, as if nature is a raw material for us to use as we see fit, as if nothing has any value unless it can be used for human purpose."

A Planet for the Taking traces the history of man's understanding and control of nature, and suggests that our Western perception of life may not be universally true. From the Kalahari Desert, to a cooperative community on a coral reef, to the high-tech Holstein farms of southern Ontario, the programs question the aggressive interpretation of man's 'survival of the fittest' theory, and the way we view birth, life, and death.

In one program, North America's approach to childbirth is contrasted with India's. "In India," says Suzuki, "nature sets the limits. For the first 10 days of life, the most critical in terms of mortality, a child is essentially 'not human.' They feed it, but that's it. They let nature take care of things. On the tenth day, it's given a name: For the first time, they put it in a cradle; and then it's human. If it dies before then, it's no big deal. In North America, every birth is precious and you've

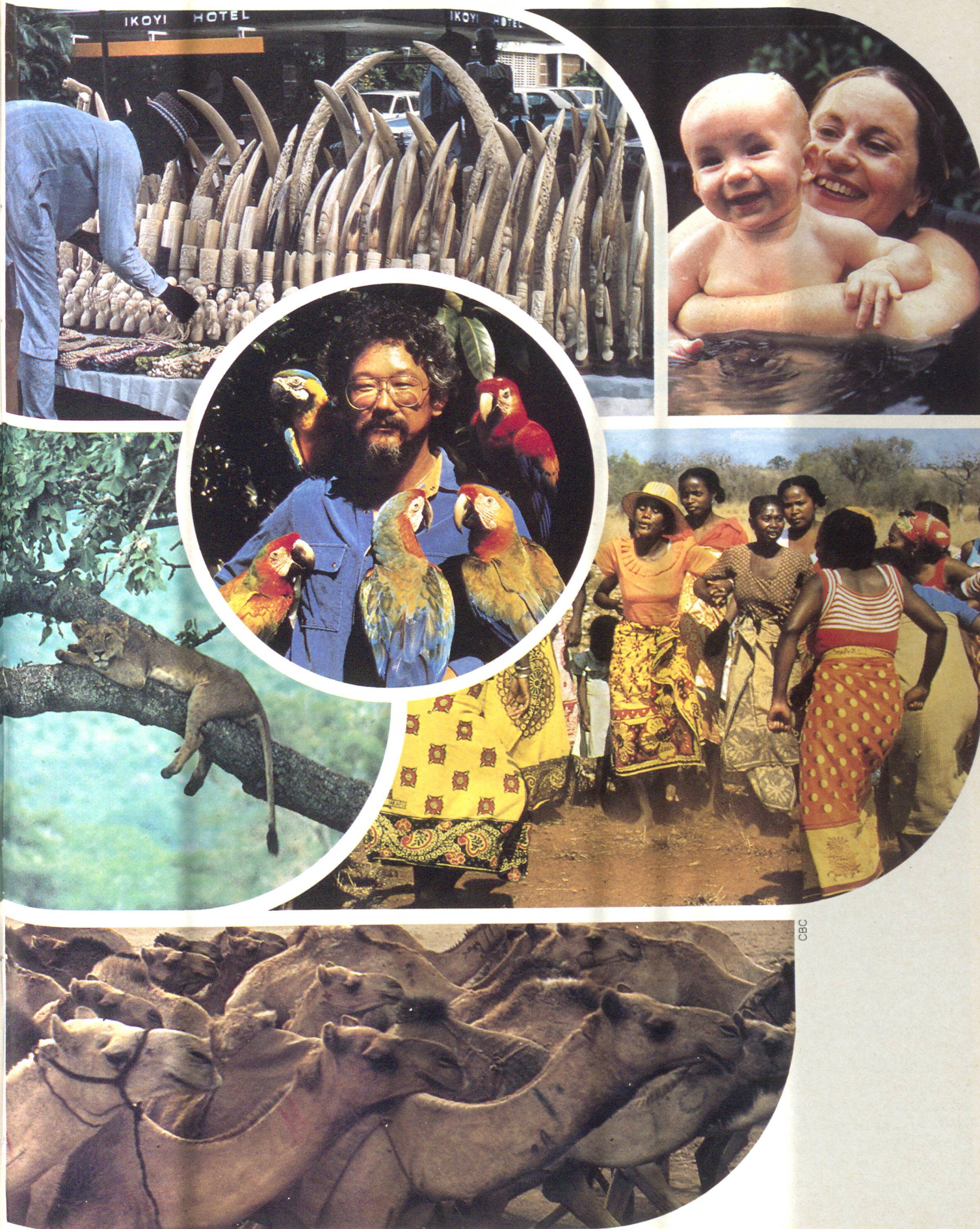
got to pour heroic efforts into trying to maintain babies as small as one pound. At the same time, our medical profession is aborting 40 to 50 per cent of all healthy pregnancies for reasons that have nothing to do with medical problems. What medicine wants is to control the outcome, and it doesn't matter whether it's termination or continuation. We just want to control it." Other ironies in Western ideology and behavior are pointed out in the series to initiate public discussion of such issues.

Suzuki goes so far as to say that Western scientists are immoral because they do not face up to the implications of the research they do. "People involved in recombinant DNA technologies are not much different from the people who pushed the ideas of eugenics early in the century. They are infatuated with the tremendous insights that we're gaining, and are extrapolating from these insights into areas of human activity they have no right extrapolating into... the history of genetics is a terrible one. The upper-middle-class white aristocrats started with very profound beliefs, and then used science to show that their beliefs were true. That's not science. Though I have no question about the basic good intentions of these people, their reality is laden with their particular values."

A Planet for the Taking is not, however, intended to be pessimistic. Murray points out, "In spite of this desire to dominate and control other living things, there still seems to be

some fundamental human feeling for other creatures. We're asking people to think about what this means. Does it not represent a kind of touchstone to our contact with life on the planet? If people watch the programs, they'll never think about themselves, and the rest of the environment and nature, in the same way again."

This is the first of a series of articles in which Science Dimension reviews current Canadian science journalism. In a future issue, we will look at television science programming in the French-language counterpart to CBC, Radio-Canada.



Photons into Foodstuffs

Photosynthesis research at two Canadian universities

What drives life," wrote the Nobel Laureate biochemist Albert Szent-Gyorgyi, "is a little electric current, kept up by the sunshine." Szent-Gyorgyi was referring to photosynthesis, the dominant chemical process on Earth by which plants create glucose sugar; and glucose is the fuel that, ultimately, runs all living things in the biosphere.

An electric current in a daffodil or a pine tree sounds bizarre, but in recent years scientists have made some unusual discoveries in their attempts to untangle the events that make up photosynthesis; among these is the finding that the energy of solar photons is first converted into electrical potential energy before transformation into the chemical energies that life uses. Down in the mysterious structures of the plant cell chloroplasts, the tiny green bodies where the process occurs, there are photovoltaic 'batteries' at work.

Photosynthesis has been, and remains to a large degree, a classic example of a scientific 'black box.' We know what goes into the box — carbon dioxide gas and water vapor, and we know what comes out — glucose sugar and oxygen gas. But what takes place inside is only partly understood. We have known for

some time that chlorophyll, the pigment that gives green plants their distinctive color, is intimately involved in the energy-trapping process, and in recent years other molecular components of the process have also been described. But a detailed knowledge of what goes on still eludes us.

Today, there are several laboratories around the world attempting to clear up the mysteries that surround this marvel of plant photochemistry; particularly in the United States, at the Solar Energy Research Institute in Golden, Colorado, and at laboratories in Arizona, New York, and Illinois. Canada too has strong research groups working in the field, one at the Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR), and another at the University of Western Ontario (UWO) in London, Ontario. The leaders of the two groups, Professor Roger Leblanc, Director of the Centre de recherche en photobiophysique, and Professor James Bolton, Director of UWO's Photochemistry Unit, met some years ago at a conference in Israel and have kept in touch ever since. Because the two laboratories specialize in different aspects of the process, they are able to complement each other's experimental programs. On a particularly cold, snowswept week last winter,

Dr. Bolton visited Trois-Rivières as part of an interprovincial scientific exchange program.

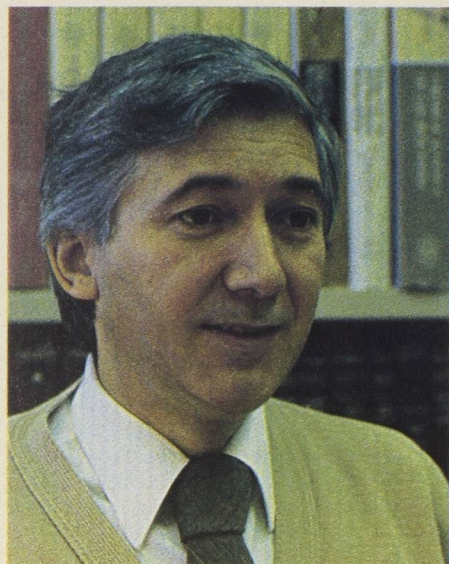
The two men sat in Dr. Leblanc's office discussing their research problems, using the abbreviated terms that make communication easy and efficient between scientists but leave a non-scientist listener dumbfounded; the scientific code words, rich in meaning for the user, are tough indeed for the outsider. Roger Leblanc, greying but surprisingly youngish for the head of a laboratory that employs upwards of 50 people, explained the problems in the field, and why it has taken so long to come to grips with photosynthesis. He spoke in the slow, measured tones of a scientist at ease on his own ground; and he spoke in English, to companions far less at ease in his tongue than he was in theirs. "Not only are we trying to make sense out of a structural arrangement that contains a welter of different molecular species working in a carefully ordered sequence — interacting in ways we are just beginning to understand — but the actual capture and transfer of the solar photons is blindingly fast, faster than an electric current."

James Bolton, a tall, slender man with a donnish look about him, added: "As a matter of fact, the step beyond this capture and transfer of

by Wayne Campbell

Not much is known about exactly how photosynthesis works, but some facts are clear. Sunlight (arrows, top) strikes through transparent 'epidermal cells' (rectangular shapes) on the outer skin of the plant. Directly beneath the outer layer of epidermal cells is a row of different plant cells, arranged like a stockade and called, fittingly, the 'palisade layer.' The chloroplasts, small factories that perform the work of photosynthesis, are found inside plant cells. Water vapour (white arrows) and carbon dioxide (black arrows) reach the chloroplasts from underneath, via small mouthlike openings called 'stomata.' These are the raw materials for the main reaction of photosynthesis, the production of glucose sugar and oxygen gas. (The red arrows indicate the escape of oxygen through the stomata.)





UOTR

Roger Leblanc:
understanding how plants trap light

the photons involves a flow of electrons — an electric current. Roger is interested in the first part, the photon transfer, and I'm working on this second step, the electron flow."

To understand what this means, we have to back up a bit, and look at what the two scientists currently know about the plant cell's photosynthetic mechanism. As Leblanc describes it, within the chloroplast bodies in the plant cell where photosynthesis occurs, there are stacks of disc-shaped sacs called thylakoids, and it is here, specifically within the thylakoid membrane, that the process takes place. Like many other processes vital to life — nerve transmission in animals, hormone action, and the cell's selectivity to incoming and outgoing substances — photosynthesis occurs at a membrane site. The thylakoid membrane, a complex structure similar to that surrounding the cell itself, is speckled with pigment-protein complexes called "photosystems" (see diagram, page 25). These systems span the membrane from inner to outer surface, an aspect critical to their function as we shall see.

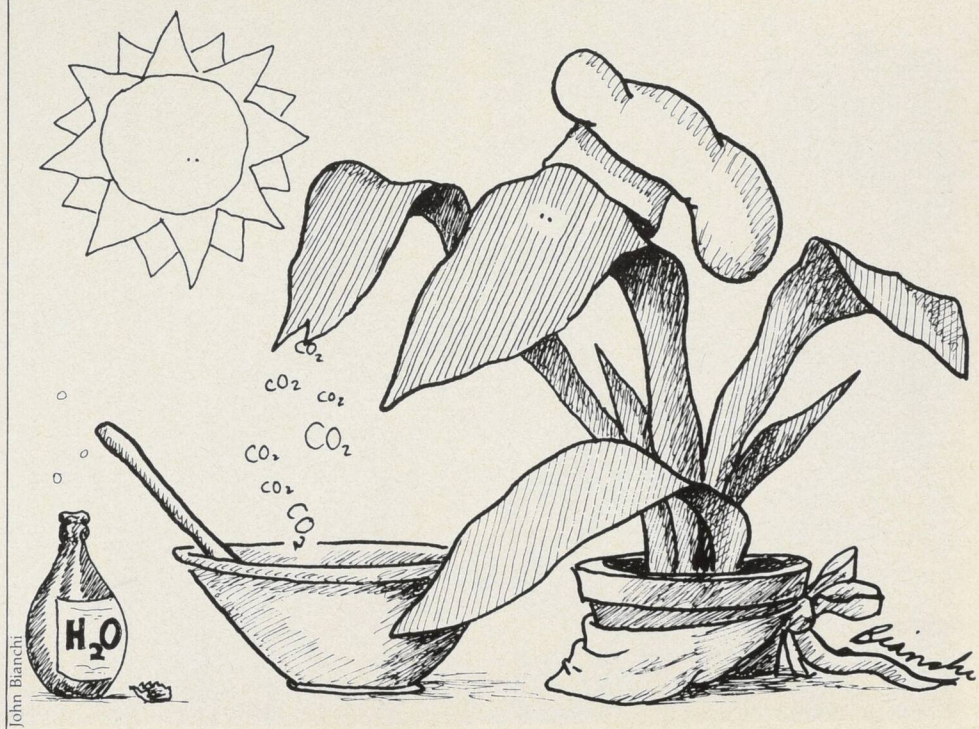
The best way to appreciate what goes on in photosynthesis is to follow an incoming solar photon as it impinges on one of these photosystems. "The first structure that such a photon encounters at the membrane surface is an 'antenna chlorophyll'," explained Professor Leblanc. "This chlorophyll molecule absorbs it, thereby raising the molecule's energy level to what chemists call an 'excited state.' There are clusters of up to 400 of these antenna molecules bonded to proteins in each photosystem and they act as a sort of photon concentrator.

"Once the photon energy is converted to an excited state of the chlorophyll molecule, it is passed down below the surface via other chlorophyll molecules through a kind of stepwise induction process. By induction I mean that no electron transfer takes place. Rather, the excited state is passed along from one chlorophyll neighbor to the next until it reaches a site within the complex called the 'reaction centre.' This

transfer takes place extremely fast, in considerably less than a nanosecond, in fact." (Nano means *one billionth*.)

According to Leblanc, not much is known about this reaction centre, arguably one of the most important of life's photosensitive constructs, beyond the fact that it is protein in nature and contains mostly chlorophyll *a*, a slightly different molecule than the chlorophyll *b* that is one of the components of the antenna. But the centre does have an unusual — and vital — property as molecules go: the capacity to undergo what is called 'intramolecular electron transfer' in tiny fractions of a second. In other words, an electron can be driven from a 'donor' site across to an 'acceptor' site so that the molecule momentarily contains both a strong positive and a strong negative charge.

Thus, when the incoming excitation energy is taken up by chlorophyll *a*, rather than becoming merely excited, it becomes ionized,



losing an electron which is rapidly driven across the reaction centre complex to a distant acceptor site near the outer surface of the thylakoid. Chlorophyll *a* ends up shy one electron, carrying a strong positive charge, while the as-yet-unidentified acceptor takes up the negative charge of the electron.

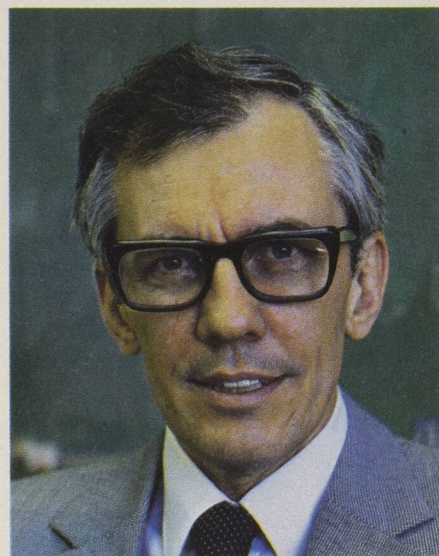
According to Bolton, the reaction centre chlorophyll-protein behaves much like a man-made photovoltaic cell in this process; these silicon-based structures work by setting up regions of positive and negative charge (like the leads on a dry-cell battery), using sunlight to drive the separation. "If it were possible to place electrodes on either side of the reaction centre protein," explained Bolton, "you could draw off an electric current."

While this may be the way energy is drawn off a photovoltaic cell, via an electric current in a copper wire, things are vastly different in the plant chloroplast. Here, the electron is tapped off the reaction centre complex and passed along a conduit of

substances that transfer it out of the photosystem (called, inappropriately, photosystem II) and across to a second photosystem (called, you guessed it, photosystem I). Here, it gets a second energy boost from another solar photon. This pulse sends the high-energy electron back a final time to the outer membrane, where a second molecular conduit delivers it to a molecule that goes by the breathtaking name of nicotinamide adenine dinucleotide phosphate, or NADP for short.

"With the addition of the electron to NADP," explained Bolton, "we arrive at a form of energy that the cell can use *directly* to run the myriad of chemical processes that make up its metabolism. One of these processes is the synthesis of glucose sugar from carbon dioxide gas and water."

To understand the part water plays in photosynthesis, we have to go back down into the first photosystem, where we left a positively charged chlorophyll *a* molecule. In this condition, the chlorophyll is a strong oxidizing agent, with a



Dan Getz

James Bolton: Unravelling the endless mysteries of photochemistry

powerful chemical urge to replace the electron that it lost ultimately to the NADP molecule.

"This replacement electron comes from water," continued Bolton. "On the inner part of the photosystem, there is a water-splitting mechanism that grabs off electrons from H_2O , breaking it down to molecular oxygen and hydrogen ions. Thus, the chlorophyll *a* regains its electron, which is immediately bounced out by another photon, and the process repeats itself.

"In its simplest description, then, photons are being used to create an electron flow from water. This flow proceeds through two photosystems, acting in series, to convert (chemists would say 'reduce') NADP to NADPH. NADPH (the H, hydrogen, comes from water) is then used to synthesize glucose."

There is, then, some light now illuminating the events taking place in the photosynthesis black box. Leblanc and Bolton are utilizing this information to further probe the nature of the system.



Dan Getz

Dr. Te-Fu Ho, part of the UWO team that created an 'artificial chlorophyll' molecule

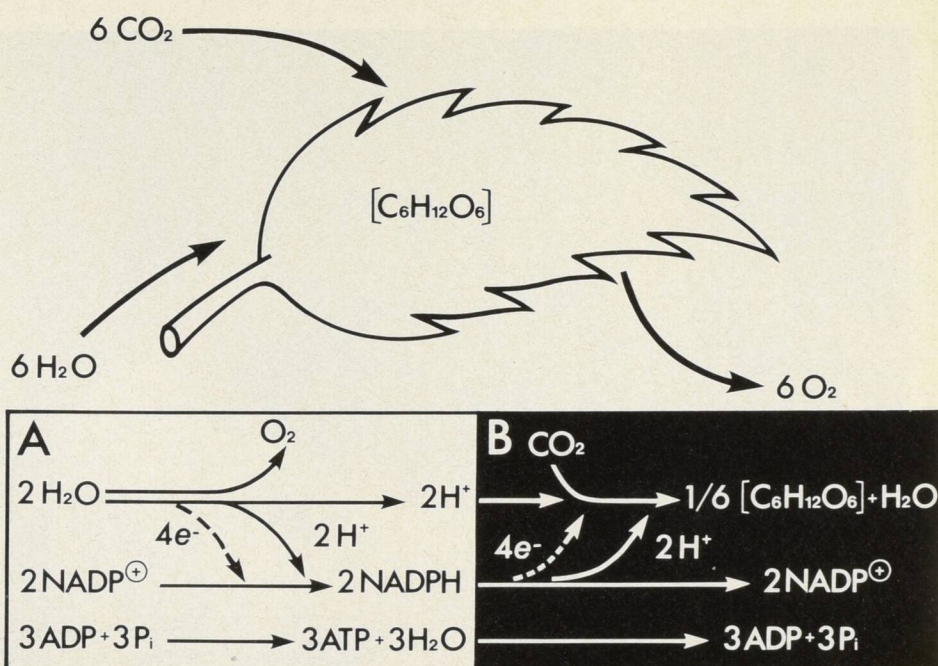
Said Roger Leblanc: "Though James and I look at different parts of this membrane phenomenon, our approaches are similar. We both build relatively simple models of the system, rough guesses if you like of what we think is there, and then compare our creations with the real thing. I'm especially interested in how light interacts with these molecules, in particular those substances that are sensitive to light — the pigments. James concentrates on a molecule his lab synthesized, that mimics the reaction centre protein's ability to transfer an electron across its structure. By modifying our models, and charting the changes in their behavior, we move — albeit slowly — toward a model that increasingly resembles what nature has created down in the chloroplast."

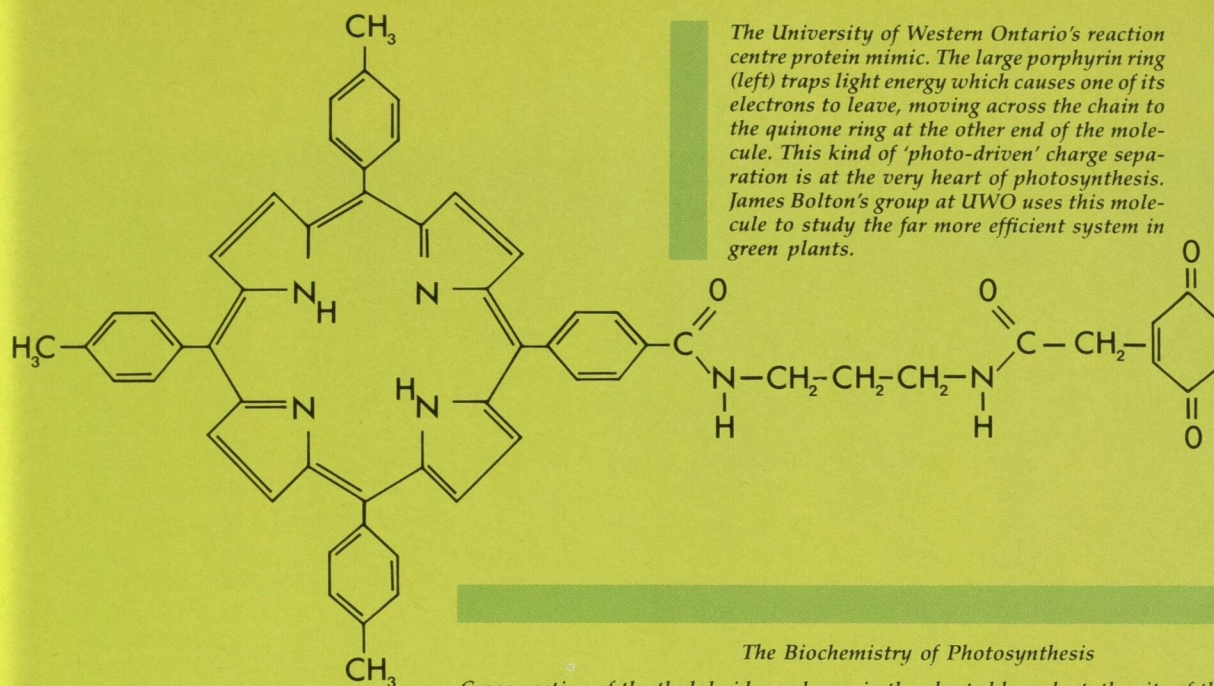
At Trois-Rivières, Leblanc has attained a world-class expertise in the building of model membranes, or molecule-thin films of substances which, he hopes, mimic the structures in the thylakoid membrane. With such models, he studies pigment molecules known to be present in the thylakoid, and how the lab-built membranes influence their responses to light. Apart from the familiar chlorophylls, the list of these substances includes such weird- and wonderful-sounding compounds as plastoquinones, cytochromes, plastocyanins, and carotenoids. Leblanc's aim is to discover how these various substances react with one another and with the other molecules in their environment. He also wants to know how this complex molecular mix is arranged in the membrane. Knowledge of these interactions and the geometric arrangement of substances will take him a long way on the road to explaining the light-trapping events in photosynthesis.

The workhorse instrument that the lab uses is called a Langmuir trough, which is basically a means of distributing molecular layers of 'hydrophobic' (literally, 'water-hating' or water-insoluble) substances across a water surface. The lipid molecules that make up bilayer membranes like the thylakoid assume their layered form because they con-

Plants capture sunlight faster than electric current flows

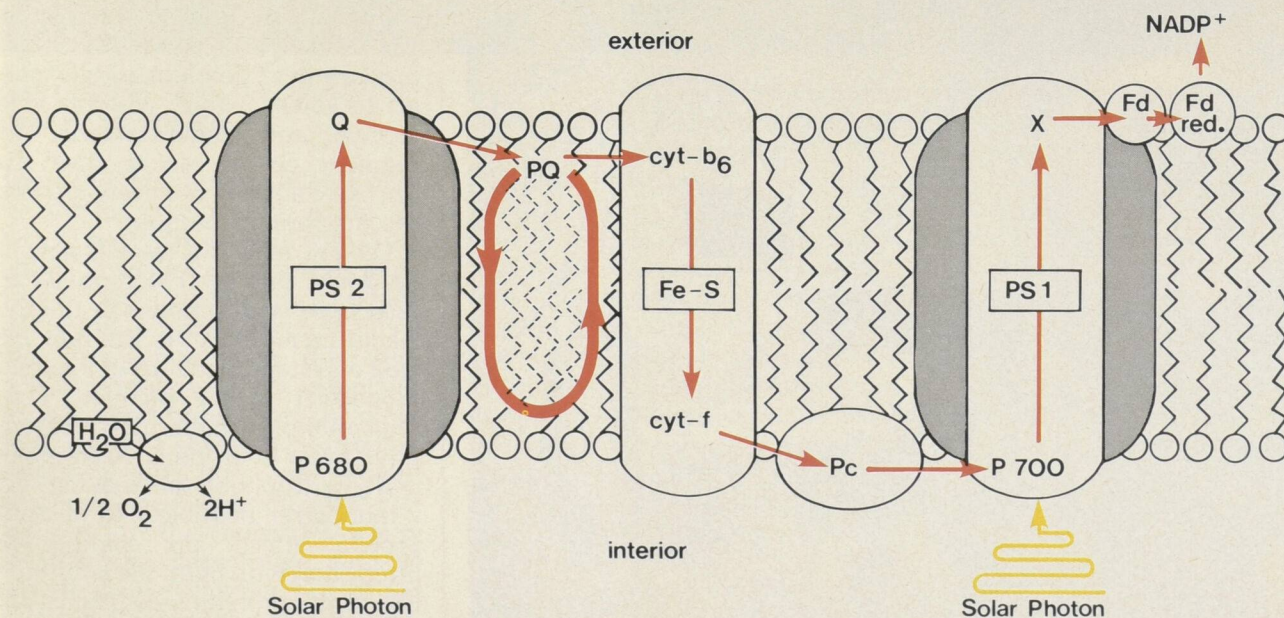
The chemistry of photosynthesis. Shown simply on the leaf drawing, six molecules of carbon dioxide (CO_2) combine with six molecules of water (H_2O) using photon energy from the sun to produce one molecule of sugar ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) and six molecules of oxygen (O_2). This process is further subdivided into a Light reaction (A) and a Dark reaction (B). The Light reaction, which is the focus of the work at Trois-Rivières and London, involves the creation of a light-driven electron flow from the breakdown of water, which provides oxygen and chemical energy in the form of the 'high energy' molecules NADPH and ATP. These last two molecules are used by the plant cell to synthesize sugar from carbon dioxide and water-derived hydrogen ions (the Dark reaction).





The Biochemistry of Photosynthesis

Cross-section of the thylakoid membrane in the plant chloroplast, the site of the photosynthesis reaction. From the lower left, a photon of light causes a charge separation in a complex called 'photosystem 2' (PS2). An electron is driven from the reaction centre (identified as P680) across the molecular complex to a quinone-containing electron 'acceptor' (Q). From here, the electron is shuttled through a complex set of molecular intermediates that form the membrane's electron-transfer chain (red arrows). The various intermediates in the chain (PQ, cyt- b_6 , -f, Pc, X, Fd) are not well understood, though their order in the system is known. Ultimately, the electron is used to 'reduce' NADP^+ to NADPH (upper right), one of the high-energy molecules that the cell uses to build glucose sugar. To get to NADP^+ , the electron passes through a second photosystem (PS1) in which it is given a second pulse of photon energy. P680, which has a high positive charge (remember, it has lost an electron), satisfies its charge needs by taking electrons from water, thereby breaking the molecule down to oxygen and hydrogen ions (lower left). In sum, then, photosynthesis involves a flow of electrons from water to NADP^+ and, ultimately, to the synthesis of sugar.



tain both a hydrophobic 'tail' and hydrophilic (water-loving) 'head' component. Spread over water, they form a layered phalanx of molecules with heads against the water surface and tails above, hugging the air.

In fact, that's what a living membrane is, two layers of phospholipid molecules arranged in what is called a 'bilayer' or 'sandwich'; with the tails occupying the internal region and the heads making up the inner and outer surfaces. This structure holds for most of the membranes in living systems. What makes the various kinds of living membranes different is the proteins and carbohydrates that are also there. Biophysicists like Leblanc discovered early that when hydrophobic substances like phospholipids are placed over a water environment, they organize themselves in a layered arrangement comparable to that of a living membrane — to half of it, at any rate. But not satisfied with just half the membrane, Leblanc has devised some ingenious procedures with his Langmuir

trough which allow him to build actual bilayers, bringing his artificial constructs much closer to the real thing.

Why take all this trouble to produce such delicate structures? (These water-floating layers are so sensitive to vibration, according to Leblanc, that the Trois-Rivières lab has had to install special dampers on its equipment to eliminate disturbances from passing automobiles.) Why not, for example, simply dissolve the various molecules in appropriate solvents to see how they interact with one another?

"Because these interactions do not occur in 'solution'," explained Leblanc. "To get at these phenomena in the way they occur in nature, we must recreate as much as we can the conditions of the natural milieu."

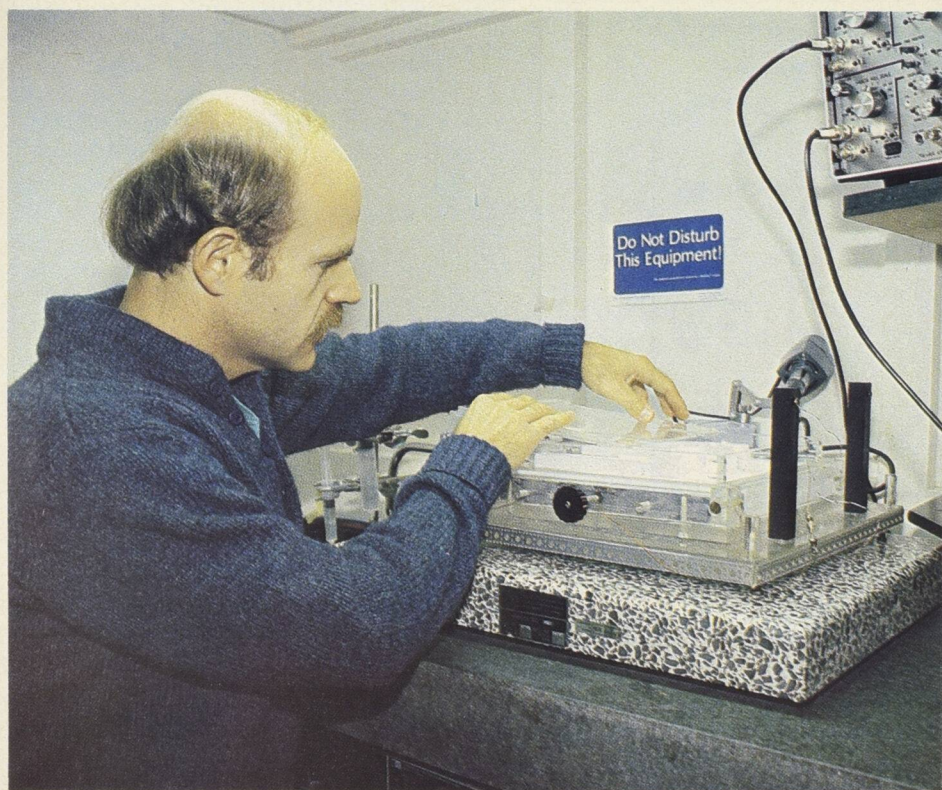
"In the thylakoid, as I have already mentioned, there are the two types of photosystem containing the chlorophylls and other pigments in some sort of association with proteins (*see diagram, page 25*). Our Langmuir trough approach allows us to put a

variety of model membranes together, everything from simple monolayers (one side of the bilayer sandwich), to more sophisticated bilayers. The bilayers, in turn, are either symmetrical (the same molecules on both sides) — or asymmetrical (different molecules)."

Thus, Leblanc can turn his photometric (light-measuring) techniques on these artificial membranes and monitor the behavior of the various pigments. For example, he can observe the way in which a particular membrane alters chlorophyll's interaction with light. The closer this response compares with that of the living system, the closer he gets to a structure that reflects the natural one. In this, he asks the most basic questions about arrangements and behavior, since he is right up on the frontier of our knowledge in the area. So little is known about this that Leblanc's first task with his substances is simply to determine which of them interact.

"We now routinely identify which of these pigments interact, and the optimum molecular ratios involved, though we can't yet tell a great deal about the nature of the interaction. For example, chlorophyll and quinone in a 1:1 molecular ratio interact to some degree, whereas chlorophyll and alpha-carotene (the pigment giving carrots their distinctive color) are not even miscible" (do not form a solution).

Leblanc feels that there is now little doubt that the chlorophylls are associated with proteins in the thylakoid membrane. He has now created a system made up of a surface monolayer of the pigment. (Like phospholipid molecules, chlorophyll has a hydrophilic head region and a hydrophobic tail, making such a monolayer possible.) To measure protein effects on chlorophyll's interaction with light, the lab simply injects the protein, which is usually



Dr. Pierre Tancrede of UQTR, who developed the synthetic membranes which mimic parts of the chlorophyll photosystem.

NSERC — Supporting the science of photosynthesis

If there is an economic payoff to the work on photosynthesis being carried out at Trois-Rivières and London, and both Roger Leblanc and James Bolton agree that it is still years down the road, it will be because of the Canadian willingness to support this kind of fundamental or 'curiosity-oriented' research. The funding comes to university labs like Bolton's and Leblanc's through the Natural Sciences and Engineering Research Council, or as it is referred to by its better-known acronym, NSERC (*pronounced 'En-surk'*). During 1984-85 for example, NSERC will support the two laboratories to the tune of over \$310 000 to cover operating costs and the purchase of new equipment. Almost half of this support is given under what is known as the Strategic Grants program, designed to fund areas of research considered by NSERC to be of vital importance to the country. Energy, one of the subdivisions of this program, is the category under which Bolton and Leblanc receive their support. After all, to connect James Bolton's reaction centre protein to the outside world, let alone to get a handle on the wider processes involved in photosynthesis, would be news indeed to the energy industries.

water-soluble, into the underlying water in the trough.

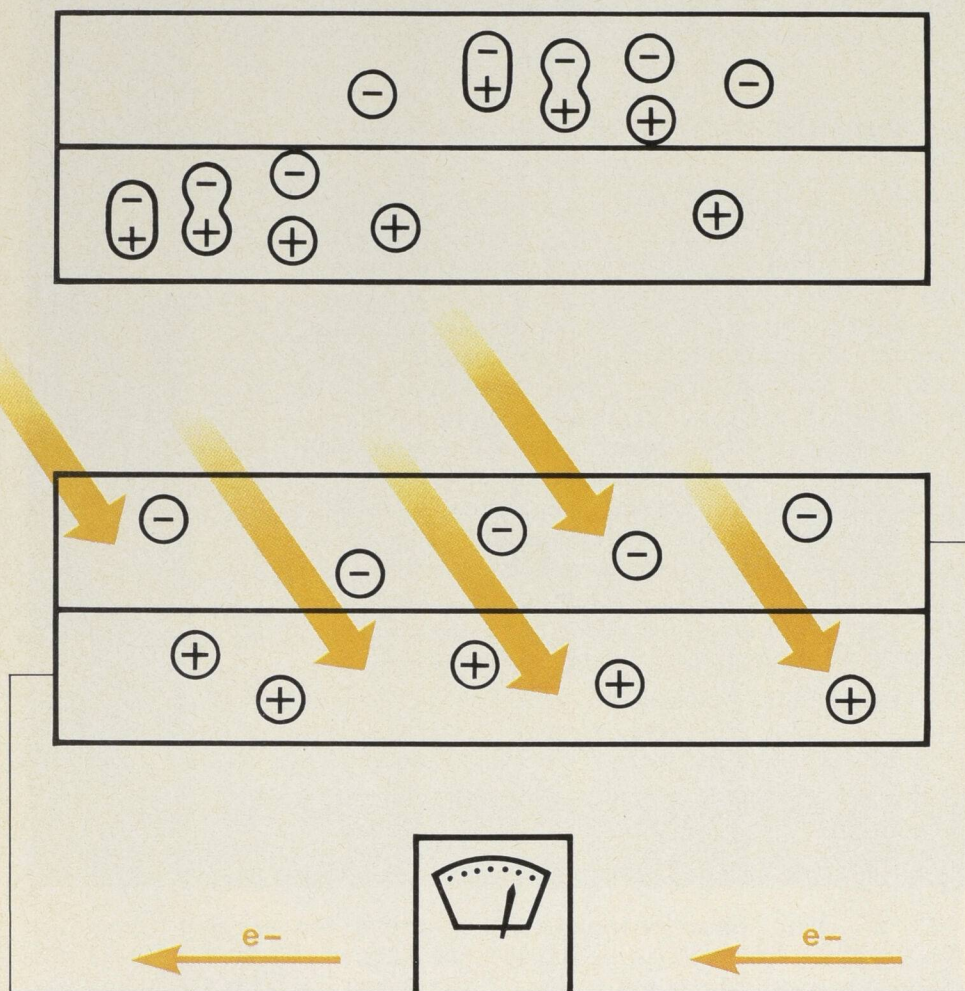
"These injected proteins adsorb onto the surface monolayer, giving us clues to how they interact with chlorophyll. If we use a completely alien protein, say cytochrome *c*, which isn't found in plants, there is only a weak interaction with the chlorophyll monolayer. If we use plant-derived cytochrome *f*, on the other hand, we get a stronger interaction. Eventually, with some new equipment, we hope to determine the precise sites on the molecules where this interaction takes place. And we want to know whether or not the chlorophyll is aggregated in its association with the protein, or if it exists as isolated molecules (monomers) on the protein. It could be both, and we want to know."

Of the many other phenomena that Leblanc's lab looks at, perhaps one of the most interesting is fluorescence. Remember that chlorophyll absorbs light, and if this energy is not transferred away quickly along the chloroplast electron conduit, the electron 'falls back' to its original state, and the energy is given off as light — in other words, it fluoresces. This is again why these light-trapping reactions must be so fast; they are competing with fluorescence.

In describing Leblanc's catholic approach to photosynthesis, James Bolton indicated that the makeup of the Trois-Rivières lab personnel aptly reflects the nature of the process under investigation. "Roger's people include physicists, engineers, chemists, biochemists and biologists. If you look at photo-

synthesis, you see that it begins in the realm of physics — photons raising energy levels in chlorophyll electrons — it proceeds to chemistry — the oxidation of water and electron flow through the photosystems, and finally to biology — the creation of NADPH to synthesize glucose and drive cell metabolism."

Bolton's own research work at the University of Western Ontario in London, though not as encompassing as Leblanc's, faces the same kinds of challenge. His lab has been attempting to model the reaction-centre chlorophyll-protein, the site where light is converted to useful chemical energy. Because UWO cannot easily model structures as complex as proteins — impossible even with today's advanced synthetic techniques — they opt instead for simpler systems that perform a sim-



Man-made solar cells exploit the same kind of charge separation as occurs in photosynthesis. When two layers of silicon are joined as shown, with one treated or 'doped' to predispose it to negative charges (top), and the other to positive charges (bottom), photon energy causes electrons to build in the top layer at the expense of the bottom layer. Attach the two with wires as shown, and you get electron flow (an electric current) which can be used to do work. We use such energy to run electric motors; the plant uses it to create chemical energy to drive life.

ilar function. Explained Bolton: "When we started this program in the late '70s, we attempted to build a molecule which had the same 'functionality' as the reaction centre protein — that is, a structure which did the same thing. And, of course, we were aided by what we already knew about this membrane-spanning complex. The key feature on its structure is the presence of both an electron-acceptor and an electron-

donor group. Photons coming in from the antenna are absorbed by the donor, which we knew to be the 'porphyrin ring' of chlorophyll *a*; and in this excited state the ring loses an electron. The freed electron then moves across the protein to an unknown acceptor site on the other side of the molecule. Now, we also knew that in photosystem II another group of compounds, called plastoquinones, acts as electron acceptors. So what we did was develop a synthetic method of linking the two together, and tried it. It worked."

In retrospect, Bolton felt that lucky guesses were, at least in part, responsible for the development of the seven-step procedure. But he also said that such guesswork often plays a crucial role in scientific success.

To show that the new compound was capable of transferring an electron from the porphyrin to the quinone, Bolton, Dr. Te-Fu Ho (who carried out the synthesis) and Dr. Alan McIntosh used a technique called Electron Paramagnetic Resonance (EPR). Stripped of its technological complexities, EPR is simply a means of detecting the presence of 'free radicals', substances which carry an 'unpaired' electron in their structure. (Unpaired electrons are extremely reactive chemically.) Bolton explained that a porphyrin ring that loses an electron (to become positively charged) becomes a free radical, as does the quinone ring that receives the electron (to become negatively charged).

Bolton: "The porphyrin is left with an odd number of electrons, and the quinone acquires an odd number. What we create then, is a 'bi-radical.' In the dark, this structure gives no EPR signal at all, but when the lights are turned on there is a very strong signal. The photons are inducing a bi-radical condition, just as they do in the plant's reaction-centre protein."

"We're beginning to understand how life harvests sunlight"

For the last five years, Bolton's lab has been studying the process of electron transfer in the synthetic compound, and like Leblanc's Institute, it pays special attention to fluorescence. "When a photon is absorbed by the porphyrin ring," Bolton explained, "it pushes an electron up into an excited state; from here, the electron can either travel across the molecule to the quinone ring, or drop back to its 'ground state,' giving off the energy as light. This latter process, fluorescence, competes with electron transfer, and by measuring what we call fluorescence 'lifetimes,' we get data on the efficiency of this transfer in the molecule."

Bolton, and UWO collaborators Professor Alan Weedon (director of the synthesis program) and Professor Martin Stillman (who does the spectroscopy on the synthetic molecules) build variations into their reaction-centre mimic. It's a time-consuming process which can take up to a year to complete a single variation. They change the distance between the donor and acceptor, alter the orientation of the rings, tighten the bridge down so that it is rigid, and so on — in an attempt to learn which of the system's molecular features improves its ability to transfer electrons. Bolton:

"This is one of the problems we face with photosynthesis. We don't yet know what it is in the molecular structure that makes the transfer easy in the reaction-centre protein. For instance, we have little idea of its

distance dependency. These fundamental questions must be answered if we are ever to understand the natural process."

Bolton pointed out that his molecule does approximately the same thing as the reaction-centre protein, but not nearly with the same efficiency. "In the plant, almost *every photon absorbed* results in an electron transfer across the reaction centre. In our molecule, for every hundred photons, only one or two electrons are transferred. But we're excited that we have anything to work with at all. What we're trying to do with these molecular modifications is improve this performance, or raise what we call the 'quantum efficiency' up into the region of the plant's near-100 per cent mark." But the real problem that Bolton's molecule and the plant chloroplast both face is the propensity of the separated electron to drop back to its home in the porphyrin ring. The electron must be tapped out of the system, and it must be done quickly.

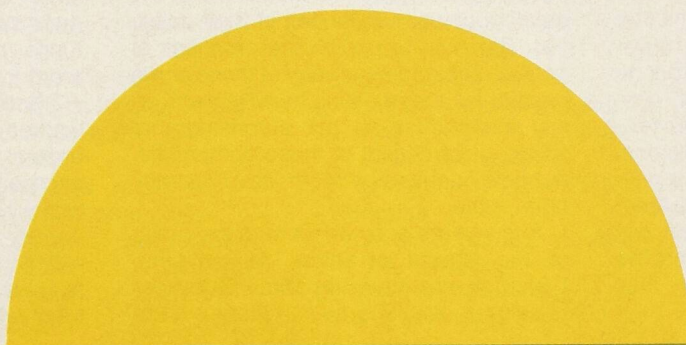
Bolton: "The whole idea is that we are storing 1.4 electron volts of energy in this molecular system, and if the electron drops back, the energy is lost as heat. The plant has developed a means of removing this energy — an electron transport system — which is faster than the spontaneous return process. We're currently adjusting our molecular structure to see if we can create barriers

against this electron 'backsliding'. Perhaps we can slow it to the point where the electron can be removed in some sort of external circuit."

Thus, James Bolton's lab has created a solar cell, but without the necessary wiring system that would make it possible to use the energy. He has shown that the cell works, albeit with an efficiency of only one to two per cent, and he and his colleagues at London are now trying to connect their molecule to the outside world.

"We're looking for a way to attach the wires," said Bolton.

Roger Leblanc shifted in his chair and glanced outside at the winterscape. The north wind drifting snow across the flat campus of the university belied all the talk of green plants and sunbeams. Both men agreed that it would take a very long time before the structure and function of the systems making up photosynthesis were fully understood. The last word went to Professor Leblanc: "James and I want to build molecular models that interact with light in a manner similar to the chloroplast's thylakoid membrane. The degree to which these 'spectroscopic descriptions' of our artificial creations match up with those of the chloroplast is a gauge of how close we are getting to the real thing. Nature gives up her secrets grudgingly in this area, but gradually we're beginning to understand how life harvests the sunlight." ☀



SUZUKI

University-Business Ties: Dangers and Opportunities

Ever since I began teaching university in 1962, ways of creating tighter links between basic university research and industry have been intensely discussed. People in basic research are motivated by a curiosity about nature: a desire to uncover fundamental principles that operate in the Universe. The 'real world' of finance is usually alien to a university professor, while the more leisurely approach and scientific jargon of academics is perplexing to most business people. So, for decades we've tinkered with government and university structures (without much success) to try to create incentives for the two worlds to communicate.

In the past decade, however, things have changed enormously. In Canada, we have belatedly recognized our status as importers of a technology paid for by the export of natural resources. In an attempt to get aboard the hi-tech revolution, governments are searching for "industrial strategies," one of which is to encourage more university-business ties. At the same time, the esoteric discoveries of molecular genetics have provided powerful tools for manipulating DNA and creating potentially useful organisms such as pollution-destroying bacteria, plants that fix nitrogen from the air, faster-growing cattle, etc. This conjunction between basic research and application has been seized upon by industry, government and academics as a golden opportunity, which it is. But in Canada, little attention has been paid to the long-term implications of close ties between business and academia. I believe a university is a very special place — and for that reason, we ought to think hard about what's happening.

A university is *symbolically* important. It signals a society's commitment to knowledge as the foundation of civilization, and its contribution to that body of knowledge. But dreamers, thinkers, scholars exploring ideas at the very edge of human thought are often perceived as threats to the established order. It's no accident that many revolutions and major social movements begin in universities. In order to explore new ideas freely, however, academics must be relieved of possible censure or interference for political reasons. That is what tenure is all about — a *privilege* bestowed on academics to free them from all possibility of outside intrusion. It is regrettable that in the minds of most of the public and academics, tenure has become simply a job guarantee.



CBC

My personal experience as a broadcaster suggests that Canadian academics are incredibly reluctant to speak out on issues for which they have expertise, but which are highly controversial. In my mind, it is difficult to justify tenure — doubly so when contrasted with the courage of academics in totalitarian regimes who speak out despite great personal risk.

In principle, tenure allows professors to think new thoughts, then share those thoughts with colleagues and students. This sharing is essential for keeping the university exciting and dynamic, and for teaching students to use their minds in the thrust and parry of debate. And in contributing new discoveries and insights, scientists add to the body of human knowledge from which all of society draws.

From their position as knowledgeable experts, and without any axe to grind for a scientific interest group, university scholars, I believe, have an *obligation* to speak out on social issues where their expertise is relevant. In the past, molecular biologists and microbiologists have been strongly critical of companies in the chemical and pharmaceutical industries for the deleterious consequences of their activities. But now, to exploit the promises of genetic engineering, many of those same companies are investing heavily in university research. It is not surprising that voices once critical of those companies, but now financed by them, have recently been mute.

A few years ago, we were doing a film on the Alberta tar sands. At that time, Syncrude was releasing about 50 tonnes of sulphur dioxide a day — that's a lot of

acid rain — and it was projected that eventually there might be ten additional plants as big or bigger. So we decided to find an ecologist who might comment on the environmental consequences of that much sulphur dioxide. We couldn't find any willing to do so at the Universities of Alberta and Calgary — all of the ecologists who had the expertise were under contract to the petrochemical industry, and wouldn't jeopardize those grants by speaking on camera. But then, how could their tenure be justified?

The potential pitfalls of the rush to exploit new ideas in joint ventures between university and private companies are revealed in a recent experience of McGill University. A report tabled before McGill's Board of Governors in March 1984 documented the problems encountered when two microbiologists discovered a microbial compound that had the potential to bind and remove metallic residues from toxic wastes. It was an exciting find. But in the rush to exploit it, and in the absence of firm guidelines or ground rules, the professors appear to have taken shortcuts and misused funds.

Questionable conduct can be avoided if universities take a serious look at the issues. What concerns me is the tremendously disruptive impact on the academic community of the smell of money. Technicians and students at McGill were buying into the company; there were rumors, suspicion and gossip. And as the press began to sniff around, people were accused of leaking information to them — and there were reprisals. Academics are human beings like everyone else; you can find all of the passion, intrigue, ambition and jealousy of a soap opera within any university faculty. But our universities aim for an ideal, the free and open exchange of ideas, that transcends such personal foibles. Private companies with potential for profit and a demand for secrecy place a severe strain on this fragile institution. As well, there are questions about the use of public funds, public facilities, and public equipment for individual and private profit.

I believe that all these factors can be worked out. But above all else, we must ensure the preservation of openness, accessibility, and free exchange of ideas, within both the academic institution and society as a whole. Private companies within universities pose a serious challenge to that ideal. We must approach them with great care. ☾

1984 INDEX

Acid rain

Watch on the rain: the atmosphere's acid toll. 16(2): 7-13.

Agriculture

Dr. Kartha and cassava: Plant science aids a Third World crop. 16(3): 23-28.

Aircraft engine seals

Spraying for time: Abradable seals the key. 16(1): 13-16.

Astronomy

A spot check: Does the sun change its spots? 16(2): 27-29.
Radio astronomy: Quest for the invisible. 16(3): 10-19.
The big eyes: Ground-based astronomy at NRC. 16(1): 21-29.

Biology

Dr. Kartha and cassava: Plant science aids a Third World crop. 16(3): 23-28.
Micromycology: Attack of the killer fungi. 16(3): 20-22.
The roots of obesity: A metabolic malfunction. 16(4): 14-18.

Biomass

Putting a tree in your tank: Breaking wood down to alcohol. 16(4): 19-24.

Biophysics

NMR: New monitor of metabolism. 16(2): 22-26.

Biotechnology

A planet for the taking. 16(6): 18-19.

Black holes

The big eyes: Ground-based astronomy at NRC. 16(1): 21-29.

Cancer

Measuring merit: Canadians in the Science Citation Index. 16(5): 7-17.

Chemistry

Energy in cold storage: Methane hydrates. 16(5): 26-29.

Putting a tree in your tank: Breaking wood down to alcohol. 16(4): 19-24.
Spraying for time: Abradable seals the key. 16(1): 13-16.
Under the volcano: Troubleshooting steel's infernal ways. 16(4): 25-29.
Watch on the rain: The atmosphere's acid toll. 16(2): 7-13.

Citation Index

Measuring merit: Canadians in the Science Citation Index. 16(5): 7-17.

Computer memory

Thinking in light. 16(5): 19-25.

Cryopreservation

Dr. Kartha and cassava: Plant science aids a Third World crop. 16(3): 23-28.

Energy

Energy in cold storage: methane hydrates. 16(5): 26-29.
Putting a tree in your tank: Breaking wood down to alcohol. 16(4): 19-24.

Environment

Watch on the rain: The atmosphere's acid toll. 16(2): 7-13.

Industry

Modelling ocean storms: Keeping out of trouble. 16(1): 8-12.
Spraying for time: Abradable seals the key. 16(1): 13-16.
Thinking in light. 16(5): 19-25.
Under the volcano: Troubleshooting steel's infernal ways. 16(4): 25-29.

Interviews

Bill McGowan: New director of the National Museum of Science and Technology. 16(3): 2, 30-31.

Dale Russell: A purpose to it all. 16(6): 2, 17.
Gerhard Herzberg: Work in progress. 16(1): 2, 31.
Pierre Dansereau: Pioneer ecologist. 16(4): 2, 31.
Tuzo Wilson: First an educator. 16(5): 2, 31.
Ursula Franklin. 16(2): 2, 31.

Jet engines

Spraying for time: Abradable seals the key. 16(1): 13-16.

Metallurgy

Under the volcano: Troubleshooting steel's infernal ways. 16(4): 25-29.

Nematodes

Micromycology: Attack of the killer fungi. 16(3): 20-22.

Noise

Rhythms of sleep: Dreaming through the noise. 16(1): 17-19.

Nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy

NMR: New monitor of metabolism. 16(2): 22-26.

Obesity

The roots of obesity: A metabolic malfunction. 16(4): 14-18.

Oceans

Modelling ocean storms: Keeping out of deep trouble. 16(1): 8-12.
The legacy of the Ocean Ranger. 16(6): 8-16.

Permafrost

Travellers on frozen ground: The early days of permafrost research in Canada. 16(2): 14-21.

Photosynthesis

Photons into foodstuffs: Photosynthesis research at two Canadian universities. 16(6): 20-29.

Physics

An electron halo at work: The Canadian Synchrotron Radiation Facility. 16(4): 10-13.

Quasars

The big eyes: Ground-based astronomy at NRC. 16(1): 21-29.

Sleep

Rhythms of sleep: Dreaming through the noise. 16(1): 17-19.

Steel

Under the volcano: Troubleshooting steel's infernal ways. 16(4): 25-29.

Sunspots

A spot check: Does the sun change its spots? 16(2): 27-29.
The big eyes: Ground-based astronomy at NRC. 16(1): 21-29.

Suzuki

Confidence in Canada's class. 16(5): 30.
Nuclear weapons... capability, subjectivity, and loss of control. 16(3): 29.
Science and death — denying the simple dignity. 16(4): 30.
Science communication — too little signal, too much noise. 16(2): 30.
Sensationalism and the granting game. 16(1): 30.
University-business ties: dangers and opportunities. 16(6): 30.

Synchrotron

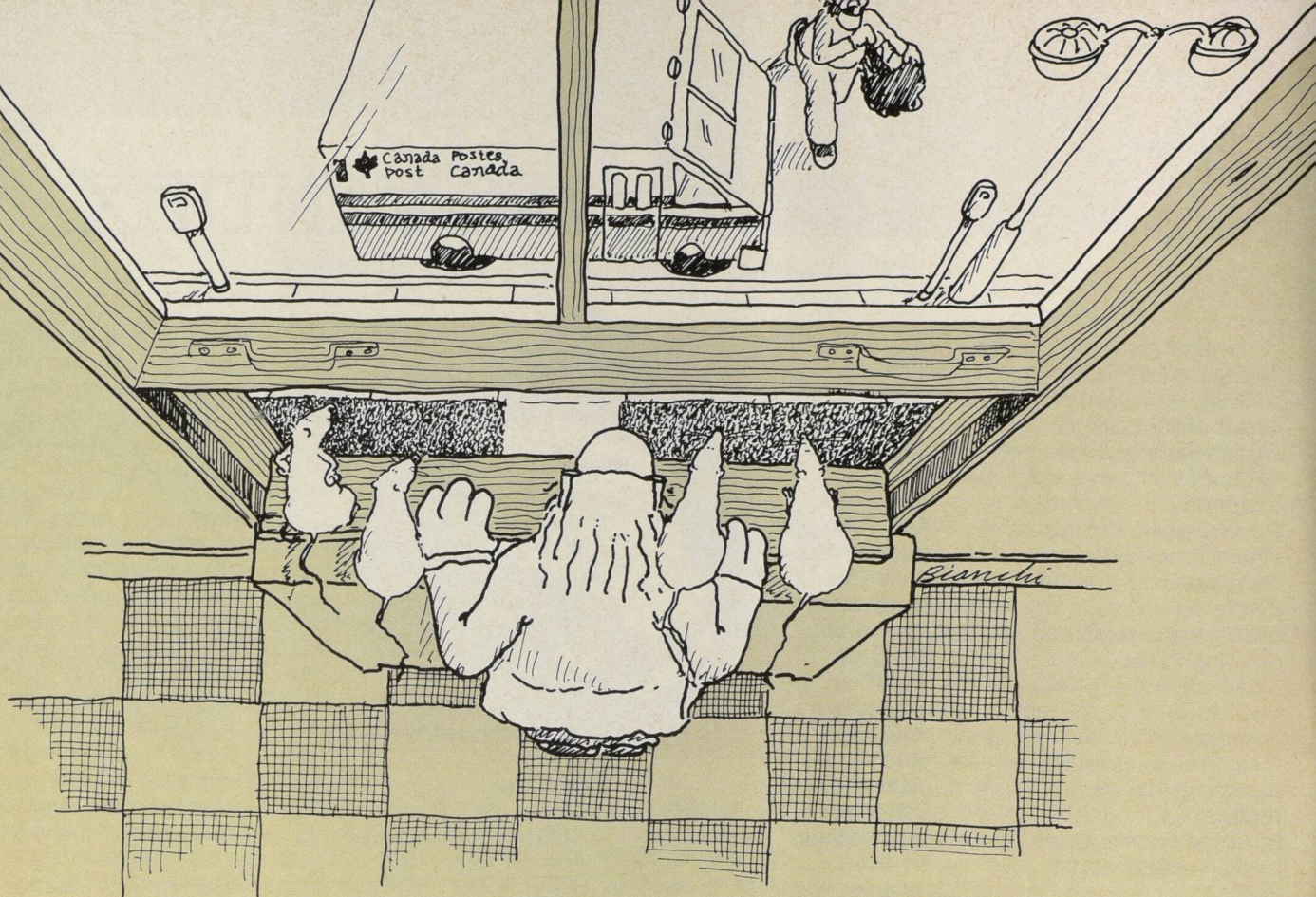
An electron halo at work: The Canadian Synchrotron Radiation Facility. 16(4): 10-13.

Telescopes

Radio astronomy: Quest for the invisible. 16(3): 10-19.
The big eyes: Ground-based astronomy at NRC. 16(1): 21-29.

Waves

Modelling ocean storms: Keeping out of deep trouble. 16(1): 8-12.



COME AND GET US

We know you're out there. All X hundred thousand of you.

You're SCIENCE DIMENSION readers, and you've got something we need. Letters.

Letters! To give us vital feedback on what you think we're doing right (and wrong). To compliment us or rake us over the coals. To let us know more than ever how to make the magazine of Canadian science **your** magazine.

So let's hear from you. It takes just twenty minutes and a postage stamp. You'll not only get an answer, you may even find yourself in print.

We're waiting for you. So come and get us!

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

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

Canada

DIMENSION SCIENCE

1984/6

**LES
RETOMBÉES
D'UN
DÉSASTRE**

**UN DINOSAURE
PAS BÊTE**

**LA
PHOTOSYNTHÈSE**



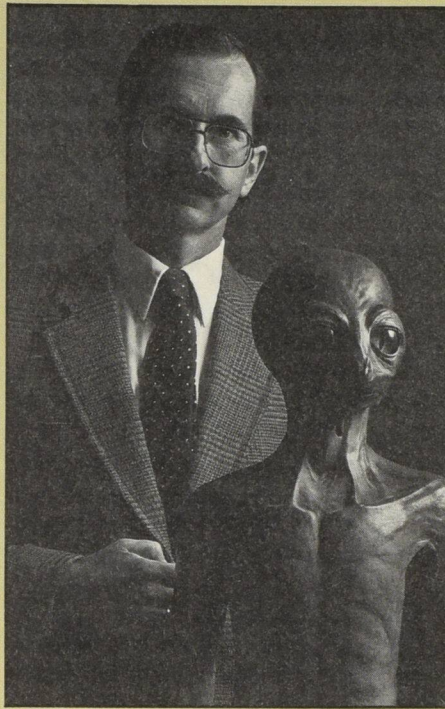
Dale Russell: Où allons-nous?

Le Dr Dale Russell est un paléontologiste, c'est-à-dire un homme de science qui étudie, d'après leurs restes fossiles, les êtres qui ont vécu à la surface du globe dans les temps anciens. Après ses études à l'Université de Berkeley où il obtenait une maîtrise en 1960, et à l'Université Columbia où il a fait son doctorat en géologie, il s'est mérité, par ses travaux d'avant-garde en paléontologie, une réputation internationale. Il est présentement conservateur attaché à la section des vertébrés fossiles du Musée national des sciences naturelles à Ottawa. Auteur du livre *Le monde disparu des dinosaures de l'Ouest du Canada*, il est également l'éditeur des comptes rendus de la conférence sur l'extinction des dinosaures qui s'est tenue à Ottawa il y a trois ans.

On serait tenté de ranger le Dr Dale Russell parmi les disciples du baron Georges de Cuvier. Figure dominante du 18^e siècle en France, Cuvier est considéré comme le fondateur de l'anatomie comparée et de la paléontologie des vertébrés. On rapporte qu'il pouvait reconstituer un animal entier à partir d'un seul os fossile, et qu'il enseignait que des inondations supprimaient périodiquement toute vie sur terre. Cette théorie, que l'on a appelé le catastrophisme, a été depuis supplantée par la notion d'une évolution graduelle et aléatoire contrôlée par la sélection naturelle. Mais si Russell réussit à faire accepter ses idées, un nouveau concept du catastrophisme pourrait bien resurgir dans les manuels de biologie.

Tout comme Cuvier, Russell est reconnu pour son habileté à reconstituer des animaux fossiles à partir de fragments. L'un de ceux-ci est le *Stenonychosaurus*, petit dinosaure qu'il reconstitua à partir de restes trouvés en Alberta. Cette créature d'un mètre de haut se distingue par le rapport relativement élevé du poids de son cerveau au poids de son corps et par ses yeux qui, fixés vers l'avant, lui fournissaient probablement une vision stéréoscopique du monde. Le *Stenonychosaurus* ne correspond pas, semble-t-il, à l'image stéréotypée du dinosaure, bête lente et stupide.

Mais Russell et ses collègues ne se sont pas contentés de reconstituer le *Stenonychosaurus*. Ils ont tenté de prédire ce qu'aurait pu être son développement s'il n'avait pas été effacé de la surface de la Terre il y a 65 millions d'années, avec tous les autres dinosaures. Le résultat de leurs extrapolations? Un



Dale Russell et son ami le dinosauroïde

"dinsauroïde" intelligent doté de caractéristiques le rapprochant de l'Homme comme la bipédie et un cerveau volumineux. (Voir la photo ci-contre)

Toujours comme Cuvier, Russell se réclame d'un certain catastrophisme. De récentes découvertes, et l'examen de faits anciens, l'ont convaincu, lui et d'autres paléontologistes, que l'évolution n'est pas un processus parfaitement linéaire. Même si cette théorie d'un "équilibre ponctué" est de plus en plus acceptée, on n'a pas encore réussi à en expliquer les mécanismes. Les dinosaures ne sont pas les seules créatures qui soient disparues aussi soudainement. De "grandes hécatombes" ont marqué périodiquement l'histoire de notre planète au cours des cinq cents derniers millions d'années. Quels sont ces phénomènes assez puissants pour faire disparaître, à d'aussi longs intervalles, la majorité des espèces vivantes de la Terre?

Au début des années 1970, Russell fut l'un des premiers et des plus chauds partisans de l'idée que l'explosion d'étoiles dans le voisinage de la Terre (supernovae) serait responsable de

l'extinction massive d'organismes vivants. Des faits récents semblent toutefois incriminer des comètes ou des astéroïdes, et Russell se rallie maintenant à cette nouvelle explication.

Comme de nombreux scientifiques, Russell adore la controverse. Il a épousé une théorie encore plus controversée que celle des mégadestructions extraterrestres: il affirme que l'évolution est progressive et dirigée, et non simplement aléatoire comme le soutiennent la majorité des biologistes modernes. Comme on s'en doute, sa théorie de la finalité de l'évolution lui a valu d'être accusé de manquer de rigueur scientifique.

Russell s'est prêté à une entrevue avec le rédacteur indépendant Paul Tisdall à la fin de l'été dernier dans un entrepôt de la banlieue d'Ottawa où se trouvent la plupart des fossiles de dinosaures conservés par le musée.

Dimension Science: Comment en êtes-vous venu à vous intéresser à l'extinction des dinosaures?

Russell: Je m'y intéresse depuis toujours. Il y a de nombreuses années, j'ai écrit un article où j'affirmais que nous ignorions la cause de la disparition des



Conseil national
de recherches Canada

National Research
Council Canada

DIMENSION SCIENCE

VOLUME 16, N° 6 1984

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

31159-4-0011

Entrevue	2
----------	---

Lettres	4
---------	---

Capsules	5
----------	---

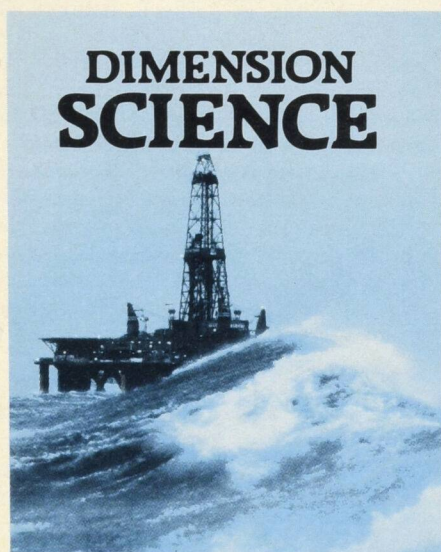
Les retombées du naufrage de l'Ocean Ranger	8
---	---

Une planète à conquérir	22
-------------------------	----

Des photons à notre pain quotidien	23
------------------------------------	----

La recherche en photosynthèse dans deux universités canadiennes

Suzuki	33
--------	----



NOTRE COUVERTURE:

Dans ce numéro, le rédacteur Wayne Campbell fait, à partir de la page 8, le compte rendu des audiences de la Commission royale sur le désastre marin de l'Ocean Ranger qui se sont tenues l'été dernier. (Photo de la couverture: plate-forme de forage, par Index Stone International)

La revue *Dimension Science* (ISSN 0715-7509) est publiée six fois l'an par le Service de l'information et des relations publiques du Conseil national de recherches du Canada. Les textes et les illustrations sont sujets aux droits d'auteur. La reproduction des textes, ainsi que des illustrations qui sont la propriété du Conseil, est permise aussi longtemps que mention est faite de leur origine. Lorsqu'un autre détenteur des droits d'auteur est en cause, la permission de reproduire les illustrations doit être obtenue des organismes ou personnes concernés. Pour tous renseignements, s'adresser au rédacteur en chef, *Dimension Science*, CNRC, Ottawa (Ontario), Canada, K1A 0R6. Téléphone: (613) 993-3045. Cité dans l'Index de périodiques canadiens. Cette publication est également disponible sous forme de microcopies.

This publication is also available in English, under the name *Science Dimension*.

Lettres

Bon vent

Dans le numéro 4, volume 16, 1984 de DIMENSION SCIENCE, on lisait sous le titre "À propos d'Éole" une lettre de H. Caron, de Winnipeg, qui demandait "à qui s'adresser pour acheter et comment installer une source d'énergie de remplacement" telle qu'une petite éolienne.

Si Caron est à la recherche d'un très petit système, il en existe un fabricant du nom de Thermax Canada, à Vankleek Hill, en Ontario. S'il envisage plutôt un système répondant aux besoins d'un chalet ou d'une maison, une entreprise fabrique de tels systèmes à Wellington, en Ontario.

En Alberta, Nor'wester Energy Systems, de Calgary, et Wind Dynamics, de Blaremore, sont deux fournisseurs de petites éoliennes.

Si Caron envisage de construire lui-même son système, il existe plusieurs livres sur le sujet, publiés aux États-Unis, dont je pourrais facilement lui fournir l'adresse. Et s'il veut de l'information relative au choix du site et à l'évaluation d'une éolienne, le ministère ontarien de l'Énergie vient tout juste de publier un guide à l'intention des utilisateurs de petites éoliennes.

David Hoffman
Éditeur
World Wind
Ottawa

Comblant un fossé

En septembre 1981, nous lançons le mensuel anglais intitulé *Arabia: The Islamic World Review*, visant à renseigner le monde occidental sur le monde musulman (plus spécialement le monde arabe) et à combler ainsi le fossé d'incompréhension qui les sépare.

En vue de rendre notre magazine plus utile, nous comptons y introduire une nouvelle section sur les sciences et la technologie. Si nous utilisons du matériel de votre distingué magazine, DIMENSION SCIENCE, pour le publier dans *Arabia*, nous ne manquerons pas d'en indiquer l'origine.

Mohammad Salahuddin
Magazine *Arabia*
Londres, Angleterre

Merci Suzuki

Merci pour votre excellente revue. La Science a atteint un tel niveau d'avancement qu'il est rare que des "gens ordinaires" comme nous soient en mesure d'en suivre tous les développements.

J'aimerais notamment exprimer ma satisfaction au sujet de l'article de Suzuki sur le droit de mourir avec dignité. Dans le passé, nous avons vu les scientifiques éviter de prendre leurs responsabilités sur les questions d'éthique et de valeurs. Suzuki nous met à nouveau devant le dilemme. C'est à la société entière d'en assumer la responsabilité, et ceci inclut tout le monde. Merci, Dr Suzuki, pour avoir osé dire ce qu'il fallait dire.

Virginia L. Sauvé
Edmonton, Alberta

Bilingue!

Suzuki a dit vrai dans son article intitulé *La science et la mort* (#4) et je m'adresse à vous en ma qualité de praticien de l'une des sciences les moins appétissantes qui soient - la médecine légale - pour vous dire à quel point son message m'a personnellement touché.

"Le droit de vivre et le droit de mourir" était l'un des sujets de discussion abordés dans le cadre de la dixième réunion triennale de l'Association internationale des sciences et de la médecine légale (AISML) qui s'est tenue à Oxford, en Angleterre. La prochaine réunion de cette association aura lieu à Vancouver, en 1987, et j'espère que les Canadiens l'accueilleront avec le même enthousiasme qu'ils ont apporté à celle d'Oxford.

À titre de remarque personnelle, j'aimerais vous dire combien je regrette que Science Dimension ne soit plus bilingue! Il ne m'est plus possible de perfectionner mon français tout en me tenant informé sur la Science canadienne. Mais, on ne peut pas tout avoir, je suppose. Continuez votre bon travail!

Professeur Stuart Kind
Harrogate, Angleterre



Réponse — SCIENCE DIMENSION est également publiée en français sous le nom de DIMENSION SCIENCE. Pour la recevoir, il suffit de remplir et de nous retourner un des formulaires d'abonnement insérés dans la revue. Pour plus de renseignements au sujet de la onzième réunion de l'AISML, les personnes intéressées peuvent s'adresser au professeur J.A.J. Ferris, du Département de pathologie, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver (C.-B.), V6T 2A9.

Le RIC

C'est avec grand intérêt que j'ai lu l'article sur la radioastronomie paru dans DIMENSION SCIENCE. Je l'ai trouvé très instructif. Toutefois, j'ai été surpris de constater qu'on n'y faisait qu'une brève mention du Réseau interférométrique canadien (RIC) proposé. Ce projet, patronné par le Conseil national de recherches, le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie et diverses associations d'astronomes et de géophysiciens canadiens, placerait le Canada au premier plan de la radioastronomie.

L'Université et la Ville de Lethbridge, en Alberta, se sont efforcées pendant les trois dernières années d'obtenir des appuis pour ce projet national d'importance vitale. Peut-être votre magazine pourrait-il, dans un futur article, informer davantage ses lecteurs sur la situation actuelle du RIC?

Stanley R. Heller
Coordonnateur, Service d'information
Université de Lethbridge
Lethbridge, Alberta

Réponse — "Au-delà du visible", l'article principal du numéro 3 de 1984 de DIMENSION SCIENCE, mettait l'accent sur les projets existants en astronomie terrestre au Conseil national de recherches. Puisque la proposition n'a pas encore reçu l'approbation du Cabinet, nous avons pensé que toute description détaillée du RIC serait purement spéculative.

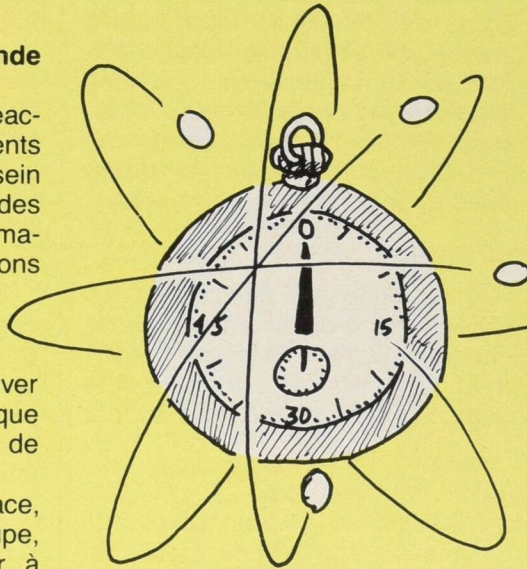
Capsules

En l'espace d'une femtoseconde

Notre capacité d'exploiter les réactions chimiques — ces changements qui surviennent constamment au sein de la matière — est à la base des prodiges technologiques de l'humanité. Mais beaucoup de réactions chimiques se produisent à des vitesses incroyables. Les observer dans un laps de temps qui nous permette d'arriver à les comprendre, voilà le but que poursuit le Groupe des lasers de l'Université de Toronto.

Le Dr Geraldine Kenney-Wallace, l'un des membres de ce groupe, applique la spectroscopie laser à l'étude des changements physiques et chimiques dans les liquides à l'échelle de quelques picosecondes (billionnièmes de seconde ou 10^{-12} s). Elle explore présentement l'application d'impulsions laser de l'ordre de la femtoseconde (millionnième de milliardième de seconde ou 10^{-15} s).

Le Dr Kenney-Wallace croit que la spectroscopie laser femtoseconde va demeurer un domaine frontière de la Science pendant encore de nombreuses années. Dans ce monde étrange, la danse endiablée des molécules et des atomes d'un liquide, "vue au ralenti", devient l'interaction majestueuse de forces et de colli-



sions. Entre ces collisions, et subsistant peut-être le temps de certaines de collisions, il existe une sorte de "mémoire moléculaire" qui détermine la structure dynamique des liquides.

Lors des collisions, il s'effectue un transfert d'énergie d'une molécule à une autre. Un électron en mouvement dans le liquide peut interagir avec une vibration moléculaire et provoquer la destruction soudaine d'une liaison chimique. Le sort des "radicaux libres", ces fragments excités de la molécule détruite, est alors réglé par la même danse interactive.

À l'échelle de la femtoseconde, se produisent aussi des interactions

encore plus étranges, par le biais de forces relevant de la mécanique quantique, que le Dr Kenney-Wallace compare au regard furtif que deux personnes situées aux extrémités d'un hall bondé se jettent en se dirigeant vers la porte.

Le groupe de Kenney-Wallace a organisé, en collaboration avec le CRSNG (Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie), plusieurs ateliers à l'intention des chercheurs universitaires et industriels pour y discuter de ses découvertes et encourager leurs applications. Selon le Dr Kenney-Wallace, les recherches en spectroscopie laser femtoseconde pourraient peut-être jeter de la lumière sur le transport ultrarapide des porteurs de charge (électrons-trous), processus sous-jacent à la microélectronique moderne dans les semi-conducteurs comme le silicium amorphe. Une autre sorte de transport d'électrons est, croit-on, un élément clé dans la fonction neurotransmettrice du cerveau et dans la photographie en couleurs. En outre, le transport rapide d'électrons est également à l'origine du claquage diélectrique, problème fréquent dans l'isolation des transformateurs haute tension.

Bruce Henry est un rédacteur indépendant de Toronto.

Adieu silicium

Le silicium demeure encore le matériau de choix pour la fabrication des circuits intégrés utilisés dans le domaine des télécommunications et de l'informatique. Cependant, un autre composé aux réactions beaucoup plus rapides et qui résiste mieux à la chaleur et au rayonnement pourrait bientôt le supplanter. Il s'agit de l'arséniure de gallium (GaAs), composé qui semblerait particulièrement bien convenir pour les circuits intégrés ultrarapides de demain. Ces intéressantes caractéristiques ont amené le Conseil national de recherches et Recherches Bell-Northern à lancer un projet de

recherche conjoint de 14,4 millions de dollars, dans le cadre du Programme des projets "Industrie-Laboratoires", pour mettre au point la technologie correspondante.

Les circuits intégrés sont des circuits montés sur de minuscules pastilles composées d'une substance cristalline semiconductrice, généralement du silicium, et contenant chacune quelque 50 000 transistors sur une surface de quelques millimètres carrés. Ces circuits remplissent des fonctions électriques complexes, semblables à celles des circuits ordinaires, mais de façon plus rapide et moins coûteuse. Les circuits intégrés d'arséniure de gallium ont une vitesse opératoire de cinq à dix

fois supérieure à celle des circuits en silicium et, d'après le Dr James Robar, cette propriété serait attribuable à la structure cristalline du matériau qui permet le libre déplacement des électrons.

C'est cette vitesse opératoire et leur résistance aux hautes températures et au rayonnement qui font que les circuits intégrés au GaAs se prêtent particulièrement bien aux applications militaires et aux systèmes de télécommunications satellisés. Mais, la résistance aux hautes températures de l'arséniure de gallium constitue déjà un avantage pour les applications terrestres. Tous les circuits intégrés dégagent une certaine quantité de chaleur en tra-

vaillant, et celle-ci est d'autant plus grande que la densité des transistors montés sur les pastilles est élevée. Si les pastilles de silicium résistent normalement à des températures d'environ 80°C, celles d'arséniure de gallium tolèrent sans difficulté des températures de 200°C. Il s'ensuit que les ordinateurs qui les utilisent calculent non seulement plus vite, mais supportent sans dommage une température plus élevée, d'où rendement amélioré et gain économique.

À l'heure actuelle, l'utilisation de l'arséniure de gallium présente plus d'inconvénients que d'avantages. En effet, bien que ce composé intéresse les chercheurs depuis une dizaine d'années, certaines difficultés techniques empêchent sa fabrication à grande échelle. Contrairement au silicium qui est un corps pur, l'arséniure de gallium est composé de deux éléments dont l'un, l'arsenic, est toxique et volatil aux températures nécessaires pour la formation de cristaux.

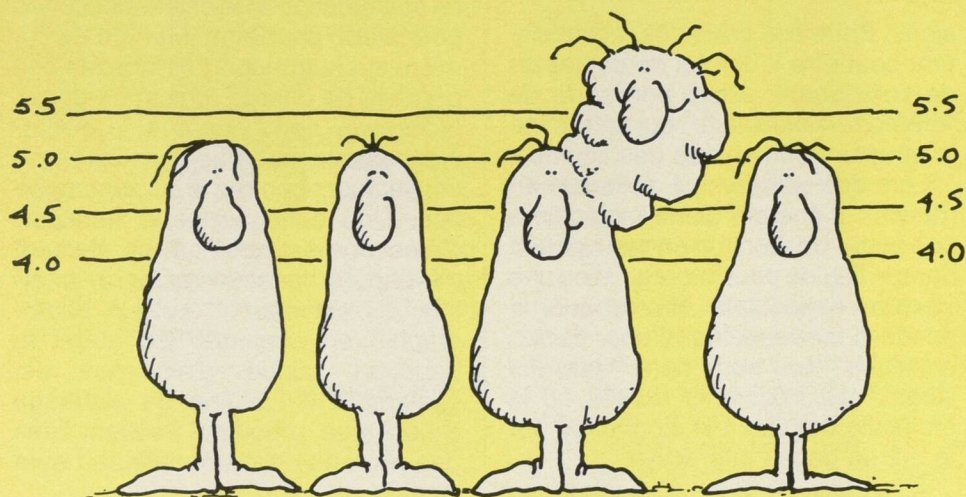
Ces problèmes contribuent à rendre les circuits intégrés au GaAs beaucoup plus chers que ceux au silicium, et leur utilisation ne semble être justifiée que dans des situations où la vitesse opératoire est d'une importance cruciale. L'objectif du projet conjoint de recherche du CNRC et de RBN est donc de mettre au point des techniques perfectionnées pour la fabrication à grande échelle de circuits intégrés fiables et peu coûteux.

Anne McIlroy est une journaliste indépendante d'Ottawa.

Un vaccin contre la méningite

La méningite cérébro-spinale, inflammation des méninges (membranes recouvrant le cerveau et la moelle épinière), est généralement d'origine

La méningite peut être causée par différents micro-organismes, mais ce sont généralement *Neisseria meningitidis*, *Haemophilus influenzae* et le streptocoque du groupe B qui en sont



infectieuse. Elle frappe surtout les jeunes enfants et, même si dans la plupart des cas elle peut être traitée à l'aide d'antibiotiques, les altérations neurologiques qui l'accompagnent laissent souvent des séquelles débilantes.

Bien que la meilleure façon de protéger les groupes les plus vulnérables contre cette affection serait d'avoir recours à la vaccination, cette méthode prophylactique n'a pas toujours donné des résultats satisfaisants dans le passé. Mais un chimiste du Conseil national de recherches à Ottawa, le Dr Harold Jennings, a adopté récemment une approche intéressante qui permet d'entrevoir la mise au point d'un vaccin synthétique d'une très grande efficacité.

responsables. Outre leur diversité, ces variétés peuvent également se présenter sous plusieurs formes ou sérotypes, ce qui rend la vaccination d'autant plus difficile car pour chaque forme bactérienne une préparation spécifique doit être utilisée. Dans le cas de *Neisseria meningitidis*, que l'on appelle couramment méningocoque, au moins six sérotypes différents ont été identifiés. Ils sont désignés par les lettres A, B, C, X, Y et Z. Certains de ces sérotypes ont aussi acquis une résistance aux antibiotiques et, partant, ils présentent un problème sur le plan thérapeutique. Il n'est donc pas surprenant que les microbiologistes les considèrent comme des microbes pathogènes récalcitrants.

Les différents sérotypes se distinguent entre eux par la structure des polysaccharides (sucres à longues chaînes) qui se trouvent sur leur paroi cellulaire. Et c'est précisément à l'effet antigénique de ces polysaccharides ou, autrement dit, à la réaction immunitaire qu'ils induisent dans l'organisme que s'intéresse le Dr Jennings.

En effet, ses premiers travaux dans ce domaine ont porté sur la préparation d'un vaccin contre la méningite à partir de polysaccharides sérotypiques. Bien que la production d'anticorps dans l'organisme soit généralement induite par des antigènes protéiques, il s'est avéré que les polysaccharides de la paroi cellulaire de micro-organismes comme le méningocoque et *H. influenzae* produisent également un effet antigénique. Mais, bien que l'inoculation de polysaccharides provenant des sérotypes A et C ait produit une réaction immunitaire chez les adultes, son effet a été insignifiant chez les enfants. Cette réaction immunitaire est normalement caractérisée par la production de deux types d'anticorps appelés immunoglobulines G ou IgG et immunoglobulines M ou IgM. Or, chez les bébés, les polysaccharides ont uniquement induit la production d'immunoglobulines du type M et, étant donné l'absence des immunoglobulines du type G, l'immunité obtenue s'est avérée insuffisante.

Pour accroître l'immunogénicité de ces composés, le Dr Jennings et son équipe ont eu l'idée ingénieuse de les lier à un vecteur protéique. "Nous avons conjugué les polysaccharides extraits des sérotypes A et C du méningocoque au toxoïde du tétanos, qui est une substance antigénique dépourvue de toxicité utilisée pour la

vaccination contre le tétanos, explique le Dr Jennings, et les vaccins obtenus à partir de ce composé ont à la fois déclenché la production d'immunoglobulines G et d'immunoglobulines M chez les animaux de laboratoire, ce qui a prouvé leur efficacité."

Ces résultats sont très encourageants et permettent de penser que les conjugués polysaccharides-protéine utilisés seront également immunogènes chez les enfants. "Si cette approche n'a pas été envisagée auparavant, poursuit le Dr Jennings, c'est pour les raisons suivantes: en premier lieu, les méthodes chimiques utilisées pour la synthèse de ces conjugués n'étaient pas assez élégantes pour se prêter à des applications médicales. En second lieu, les polysaccharides responsables de la méningite chez les enfants n'avaient pas encore été caractérisés et, en troisième lieu, les scientifiques n'étaient pas certains que le corps médical opterait pour des vaccins synthétiques, ayant toujours préféré utiliser des vaccins constitués de

micro-organismes atténués."

Mais les conjugués en question ne sont pas seulement efficaces. Ils sont également d'une grande innocuité. En effet, leur partie polysaccharidique, qui est entièrement séparée de la bactérie dont elle est issue, n'est pas infectieuse. Quant à leur partie protéique, elle est constituée du toxoïde du tétanos qui, comme nous l'avons déjà vu, n'est pas toxique. Le toxoïde du tétanos, en outre, fait partie du vaccin du D.T.Coq (antidiphthérique, antitétanique et anticoquelucheux) qui est couramment administré aux enfants. Et si le Dr Jennings l'a choisi comme vecteur protéique, c'est non seulement parce que son innocuité a déjà été prouvée, mais aussi parce que son utilisation laisse entrevoir la possibilité d'associer le vaccin contre la méningite à celui du D.T.Coq, avantage concret qui favoriserait la vaccination systématique contre cette maladie.

"La mise au point d'un vaccin contre la méningite n'est plus qu'une question de logistique, reprend le Dr

Jennings. Le concept a déjà été éprouvé; il ne reste plus qu'à le mettre en application." Mais cette dernière étape est longue et laborieuse. Tous les conjugués ne sont pas systématiquement immunogènes et, dans certains cas, pour obtenir la réaction immunitaire désirée le recours à des artifices chimiques supplémentaires s'avère nécessaire. D'autre part, chaque conjugué est spécifique d'un sérotype de bactéries qui, de surcroît, sont très diversifiées. Donc, pour obtenir un vaccin efficace, c'est-à-dire susceptible d'agir contre un nombre considérable de micro-organismes, un grand nombre de conjugués doivent être combinés et mis à l'épreuve. Ceci fait actuellement l'objet de travaux de recherche intensifs dans plusieurs pays du monde. Mais les résultats obtenus jusqu'à présent sont très encourageants et, d'après le Dr Jennings, il y a tout lieu de penser que la production d'un vaccin universel susceptible d'enrayer la méningite sera bientôt réalisable.

par Annie Hlavats

Les fines de charbon

Outre les fluctuations incessantes du marché, l'un des problèmes les plus sérieux que doit affronter l'industrie du charbon est celui des bassins de stériles. Ces vastes étangs de boue noire qui s'assèchent à l'air libre sont une insulte pour l'oeil, un danger pour l'environnement et une perte pour l'industrie. Ils constituent pourtant un sous-produit inévitable des exploitations charbonnières nord-américaines. Mais loin de constituer des nuisances environnementales coûteuses, ces bassins représentent pour le Dr Ed Capes, chef de la section de génie chimique du CNRC, des réserves de plusieurs millions de tonnes de précieux charbon à faible teneur en cendres.

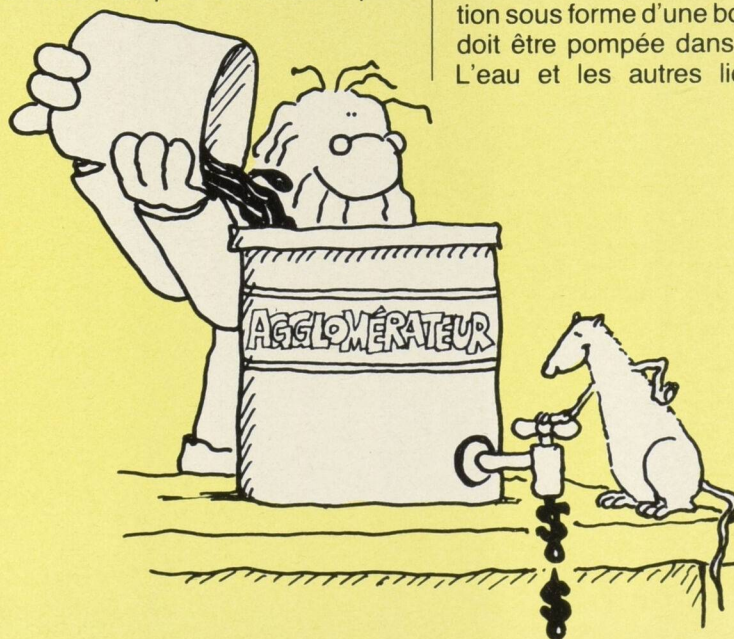
Au terme de dix années de recherche et de projets pilotes, des techniques mises au point au CNRC seront bientôt utilisées pour récupérer le charbon des eaux usées et des boues provenant d'un bassin de résidus de Sidney, en Nouvelle-Écosse. La société Guildcraft Ltd., de Markham, en Ontario, s'apprête en effet à exploiter commercialement, sous licence du CNRC, une installa-

tion de récupération des résidus de charbon à l'usine Princess Washplant de la compagnie Sidney Mines.

L'existence de ces bassins découle en partie des exigences des industries modernes pour un charbon plus

retés; toutefois, lors de cette opération, jusqu'à 20% du charbon utilisable est réduit en fines particules trop petites pour être traitées — ce sont les "fines" de charbon.

Ces fines quittent l'usine d'épuration sous forme d'une boue liquide qui doit être pompée dans des bassins. L'eau et les autres liquides s'éva-



propre qui dégage moins de matières polluantes lors de sa combustion. Une grande partie du charbon extrait de la mine est de qualité inférieure et doit être débarrassé de ses impu-

rements, laissant sur place des amoncellements de poussières de charbon et d'impuretés.

Suite à la page 34

Les retombées du nauffrage de l'Ocean Ranger

Les audiences de la Commission royale sur le désastre marin de l'Ocean Ranger, qui se sont déroulées l'été dernier, ont soulevé beaucoup d'émotions, donné lieu à quelques affrontements et mis en lumière la détermination unanime des participants à prévenir la répétition de semblables accidents.

par Wayne Campbell

En plein océan Atlantique, à quelque 170 km au sud-est de Saint-Jean de Terre-Neuve, se trouve une zone désolée, totalement coupée du monde. À part les bancs de thon et de morue toujours plus clairsemés, ne se révèle au regard qu'une succession continue de vagues grises et froides qui se font et se défont au gré des vents de l'Atlantique Nord. Pour y déceler les vestiges d'une présence humaine, il faudrait plonger jusqu'au fond de l'océan. C'est là que, gisant sur le flanc, ses grosses pattes-caissons pointées vers le haut, repose comme une énorme bête blessée la plateforme de forage *Ocean Ranger*.

L'*Ocean Ranger* était la plus grosse installation semisubmersible en service dans le monde. Il a disparu en

pleine nuit, il y a trois ans, au cours d'une tempête hivernale. Le problème pour l'industrie pétrolière et les organismes de réglementation gouvernementaux, c'est que la plateforme *Ocean Ranger* était conçue pour résister facilement à une telle tempête.

Au prix de multiples efforts, la Commission royale sur le désastre marin de l'*Ocean Ranger* a reconstitué les faits qui ont conduit au naufrage. Dans son premier rapport, publié au milieu du mois d'août 1984, la commission jetait le blâme sur l'ensemble de l'industrie pétrolière. Elle devait se réunir à nouveau dans le cours du même mois à Saint-Jean de Terre-Neuve pour entendre un groupe international d'experts de l'industrie, du gouvernement et des



Le président principal Omond Solandt. Préparer l'avenir...

universités assemblés pour discuter des moyens d'accroître la sécurité du personnel des plates-formes de forage en mer. Comme il fallait s'y attendre, un grand nombre de ceux qui participaient à cette rencontre de trois jours à l'Université Memorial de Terre-Neuve étaient directement visés par les critiques du premier rapport.

Mais les commissaires n'étaient pas là pour revenir sur les circonstances qui ont entouré le naufrage de l'*Ocean Ranger*. Ils étaient venus pour recueillir les témoignages des experts et en tirer un enseignement utile à l'instauration d'un système capable de prévenir la répétition d'une telle tragédie. Leur but était de rassembler les éléments d'information qui leur permettraient de formuler, à l'intention des gouvernements canadien et terre-neuvien des recommandations concrètes pour l'établissement de nouvelles normes de sécurité en mer. Les commissaires avaient pour mission d'identifier un niveau de "risque acceptable" auquel tous se rallieraient.

Le risque, que ce soit derrière le volant de votre automobile ou au sortir de la baignoire, est présent dans toutes les activités humaines. Fixer un niveau de risque que nous jugeons acceptable est un processus complexe — et souvent impitoyable — qui doit tenir compte à la fois des facteurs économiques et de l'importance que nous attachons à la sécurité. Ce processus est mis en branle lorsque, par exemple, un gouvernement, averti que des produits comme les PCB sont statistiquement reliés au cancer chez l'Homme, décide d'établir des niveaux d'exposition maximale tolérable pour ses citoyens. Il s'agit d'un calcul actuariel qui reflète les conséquences que nous sommes prêts à tolérer pour une cause donnée.

Pour définir ce qui constitue un niveau de risque acceptable sur les

Des ouvriers à bord d'une plate-forme de forage. Selon le coprésident Ted Hodgetts, tout système d'attribution des responsabilités n'a pour but que de définir "la discipline imposée aux acteurs".



**Selon un expert,
il faudrait "un
monomaneque
investi d'une
mission"
pour prévenir les
accidents**

plates-formes de forage de l'Atlantique du Nord-Ouest, les commissaires ont dû sopeser toute une série de discussions, de descriptions et d'arguments qui touchaient presque tous les aspects des opérations de forage en mer. Ils ont été informés sur le climat maritime et sur la pratique de construire les plates-formes pour qu'elles résistent au scénario de la "pire tempête du siècle". Ils ont appris comment les travailleurs pouvaient être évacués d'une plate-forme en péril et comment l'interaction des personnes avec des machines et avec leurs semblables différait en temps normal et face au danger. Finalement, ils ont assisté à un long débat passionné sur les meilleurs moyens de réglementer l'industrie pétrolière pour que les règles de sécurité y soient mieux appliquées. Les résultats de ces délibérations seront publiés dans le rapport final de la commission.

Il aurait été étonnant que les membres d'un groupe aussi disparate n'aient pas fait référence au naufrage de l'*Ocean Ranger* lors de leurs interventions, et c'est à ce moment que des désaccords intéressants sont apparus. La plus forte prise de position est sans doute venue du concepteur et propriétaire de la plate-forme disparue, qui a critiqué l'inconséquence des organismes qui doivent veiller à ce que les plates-formes soient conçues et construites selon les règles. Malgré ces divergences, les audiences du mois d'août se sont déroulées plutôt bien et sans trop d'accrochages, ce qui témoigne du professionnalisme des participants et de leur préoccupation commune à protéger la vie des hommes qui travaillent sur ces plates-formes isolées et souvent dangereuses. Le

Le naufrage de l'Ocean Ranger aurait pu être évité



ICE Ltd

La Commission royale sur le désastre marin de l'Ocean Ranger s'est réunie en août dernier pour définir ce qui constitue un niveau de "risque acceptable" pour les plates-formes de forage en mer.

simple fait de définir de nouvelles normes de sécurité régissant cette industrie a permis de jeter un peu plus de lumière sur les causes du naufrage de l'*Ocean Ranger*.

Afin d'assurer l'impartialité des audiences, la commission a choisi ses présidents, dont le rôle était d'agir comme médiateurs des discussions, à l'extérieur du secteur de l'industrie pétrolière. Le président principal, le Dr Omond Solandt, est un homme de science éminent maintenant à sa retraite. Il était secondé dans cette fonction par Ronald Hemstock, président du Conseil canadien des ingénieurs, Gordon MacNabb, président du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG), ainsi que par les Drs Ara Mooradian, vice-président principal de l'Énergie atomique du Canada Limitée (ÉACL) et Ted Hodgetts, professeur émérite de l'Université de Toronto. Ces hommes ont vu défiler tout au long des audiences des experts venus de tous les secteurs de l'industrie pétrolière. Ils ont dû, à maintes occasions, faire appel à leurs talents diplomatiques, particulièrement lors de la période de questions qui a bien souvent donné lieu à de longs exposés de position de la part des intervenants. Mais, malgré la présence de ce que le président du CRSNG, Gordon MacNabb, a qualifié de "mécanismes de défense" et que Ted Hodgetts a décrit comme "des tensions au sein de la communauté", l'atmosphère des audiences était à l'optimisme. Les participants semblaient désireux d'apporter aux commissaires une contribution valable.

Dans son discours d'ouverture, l'ingénieur pétrolier Gordon Harrison a déclaré que la technologie en place était adéquate et que le problème se situait uniquement au plan humain. Il a proposé qu'une seule personne soit responsable de tous les aspects d'un projet particulier — une sorte de "monomaniaque investi d'une mission" selon son expression, comme on en voit à la tête de la



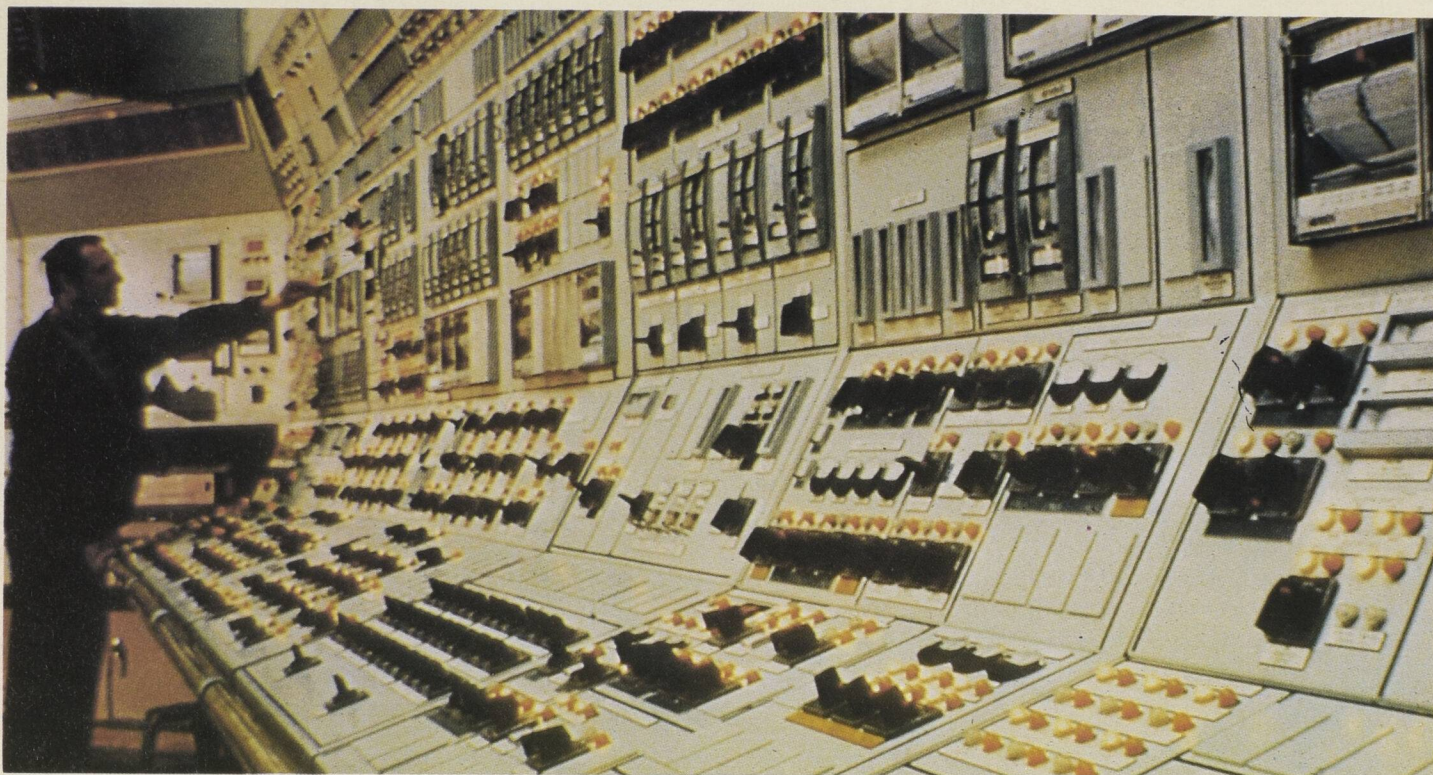
Le Dr Ara Mooradian, vice-président de l'É.A.C.L. "La construction d'un réacteur nucléaire est relativement facile mais essayez donc de l'adapter à une automobile!"

plupart des entreprises florissantes. Il a fait remonter l'érosion actuelle des responsabilités à l'effondrement du pont Tay, en Écosse, au siècle dernier, qui entraîna la mort de 75 personnes. La faute en fut imputée à Sir Thomas Bouch, qui avait conçu la structure, supervisé sa construction, contrôlé la qualité des matériaux et s'était même chargé de l'entretien une fois le pont terminé. Selon Harrison, la "base de données technologiques" était tout simplement devenue trop grande pour qu'une seule personne, même un constructeur renommé comme Bouch, puisse faire tout le travail. La complexité technologique ayant, selon Harrison, mis fin à l'ère des "hommes de la Renaissance", les gouvernements ont par la suite insisté davantage sur l'observation de codes et de règlements plutôt que sur la responsabilité directe des personnes concernées pour garantir la sécurité des constructions. De nos jours, il est "virtuellement impossible de déterminer à qui incombe la

responsabilité de la sécurité dans le domaine de la conception, de l'exploitation et de l'entretien".

La solution proposée par Harrison, aussi claire et logique qu'elle puisse paraître, a été contestée par un grand nombre de participants et, en particulier, par Ara Mooradian, de l'ÉACL. La thèse de Harrison a toutefois contribué à cristalliser les discussions sur ce qui a constitué la séance la plus productive de ces audiences de trois jours: la définition du mot "responsabilité". Ce n'est qu'au dernier jour, toutefois, lors de la présentation des sommaires des présidents et de la discussion libre qui a suivi, que les audiences ont commencé à s'acheminer vers un consensus.

On a rapidement convenu que des données additionnelles sur l'environnement maritime étaient nécessaires pour prédire le temps de façon plus précise et pour fournir aux concepteurs une meilleure description des vents, des vagues et des courants océaniques qui exercent des



La salle des commandes d'une centrale nucléaire. L'établissement de tolérances étroites pour le fonctionnement du réacteur, de plans d'urgence détaillés et de directives précises permet d'identifier les problèmes et de les corriger avant qu'ils ne conduisent à des catastrophes potentielles.

contraintes sur les structures en mer. Comme le signalait un concepteur de la plate-forme, les spécifications actuelles n'obligent à prendre en compte que les contraintes dues au vent! De profonds désaccords sont intervenus entre les divers experts responsables de la structure, ce qui illustre bien, selon le Dr Omond Solandt, que ce domaine relève "encore plus de l'art que de la science". Solandt a indiqué que cette "interaction entre l'information environnementale et la conception des structures" est un exemple classique de l'interface entre la science et l'ingénierie. Les scientifiques, toujours prudents, affirment qu'on ne possède pas suffisamment de données sur l'environnement au large des Grands Bancs et sur ses effets sur les structures marines pour parvenir à une conception adéquate des plates-formes de forage. Le Dr Hodgetts n'a vu dans cette attitude que l'expression de "l'appétit insatiable des scientifiques qui les pousse à vouloir toujours plus d'information". Les ingénieurs, par contre, veulent s'attaquer au forage sans

délai, volonté qui reflète les dures réalités économiques qui façonnent leur profession: pour leurs clients, le temps, c'est de l'argent. Ils ne peuvent attendre les dizaines d'années nécessaires aux scientifiques pour mettre au point une plate-forme fiable et sûre. Mais, dans leur conquête de la mer, les ingénieurs pétroliers ont quand même procédé avec prudence. Ils ont commencé par adapter les installations de forage aux eaux peu profondes et abritées puis, se fondant sur cette expérience, ils sont passés à des eaux plus profondes et plus agitées et à des plates-formes semisubmersibles.

Les discussions sur l'interface homme-machine ont mis en lumière deux points importants. Premièrement, ce sont les tâches qu'il faudrait adapter aux travailleurs, et non l'inverse. Ceci est particulièrement crucial dans les situations d'urgence où, même s'ils ne paniquent pas, les gens accusent un affaiblissement de leurs réflexes. L'ingénieur industriel Patrick Foley, de l'Université de Toronto, a qualifié cette incapacité

d'intégrer l'information provenant de plus d'un moniteur ou de plus d'un instrument à la fois de "blocage cognitif". Lors de son exposé, par ailleurs fort intéressant et très détaillé, Foley a détendu l'auditoire en racontant comment il avait redessiné la femme pour l'adapter aux grosses voitures produites par l'industrie nord-américaine de l'automobile dans les années 70. La "femme de Détroit" imaginée par Foley a le bras gauche plus long que le droit, des mollets surdimensionnés et des yeux sur le dessus de la tête. Foley voulait illustrer, par cet exemple, l'absurdité d'une approche qui consiste à insérer de force des chevilles carrées dans des trous ronds. Ce serait plus simple de refaire les trous. Il donna comme exemple de ce problème de "chevilles-carrées-dans-des-trous-ronds" le système de ballastage de l'*Ocean Ranger*. Après que le système automatique se fut avéré inadéquat, les ouvriers durent recourir à un système de secours dont ils connaissaient mal le maniement. C'est ce qui allait amener le basculement de la plate-forme.

également cité l'industrie spatiale, où un lancement est contrôlé si soigneusement qu'il peut être annulé à la dernière seconde. MacNabb a partiellement attribué cet état de choses à la nature des opérations de forage en mer, qui rassemblent à la fois les industries pétrolière et maritime. Ces dernières, a expliqué MacNabb, représentent des secteurs bien distincts de l'économie. L'acceptation du danger est une tradition ancienne au sein de la marine, tandis que l'industrie du pétrole apporte avec elle une mentalité aventurière qui valorise l'individualisme et le coude à coude avec les éléments.

Les discussions sur la façon de faire face à des situations d'urgence ont porté sur la conception des embarcations de sauvetage et d'autres équipements de survie. Les responsables des opérations de sauvetage ont critiqué les systèmes utilisés à bord de l'*Ocean Ranger* qui, à leur avis, convenaient mieux à un navire qu'à une plate-forme de forage. Selon un médecin de la marine expert dans le domaine de la survie en eaux froides, même les combinaisons de survie prévues pour

Les mêmes mesures de sécurité qu'à l'intérieur d'une usine nucléaire seraient utiles

Le deuxième point soulevé par les participants, c'est que les concepteurs de plates-formes ne tirent pas pleinement parti de la technologie disponible. Comme le faisait remarquer le président Gordon MacNabb, aucun dispositif ne protège les installations de forage contre les dangereuses éruptions provoquées par un déséquilibre de la pression dans le puits. MacNabb a comparé cette situation à celle qui existe au sein de l'industrie nucléaire, où les dispositifs de sécurité qui empêchent la fusion du cœur du réacteur (le fameux "China Syndrome") sont automatiques et ne requièrent aucune intervention humaine. Il a

une immersion complète sont mal conçues et ne permettent pas de sauver des vies (voir encadré). Ce fut d'ailleurs un des points que Gordon Harrison a abordé dans son allocution d'ouverture, affirmant que son "superchef" aurait certainement condamné sans hésitation les systèmes d'évacuation et de survie, généralement considérés comme insuffisants ou inadaptés, des plates-formes de l'Atlantique Nord.

Pour ceux qui croient que la science et la technologie peuvent produire de meilleurs systèmes en peu de temps et avec peu d'argent, Mooradian, de l'ÉACL, devait toutefois déclarer sans ambages que

cette attitude démontre une piètre compréhension du processus de développement scientifique et technique. La conception de nouvelles embarcations de sauvetage, a-t-il affirmé, ne sera pas une mince tâche: elle nécessitera "plusieurs millions de dollars et des années d'efforts". Soulignant les problèmes que pose la transformation d'un concept scientifique en une technologie fonctionnelle, Mooradian a ajouté: "La construction d'un réacteur nucléaire est relativement aisée, mais essayez donc de l'adapter à une automobile!"

À une minute d'avis!

Des chercheurs de la Colombie-Britannique développent des équipements susceptibles, en cas d'accident en mer, de prolonger la survie en eau froide. Les Drs David Goodman et Igor Mekjavic, de l'Université Simon Fraser, à Burnaby, de concert avec les praticiens du développement de la firme Mustang Industries Limited, de Richmond, travaillent à l'amélioration des vêtements de protection thermique.

"Sans une forme quelconque de protection, la plupart des gens meurent en moins d'une heure quand la température de l'eau est inférieure à 5°C", explique Robert Askew, directeur de la recherche chez Mustang. "Une combinaison thermique peut toutefois empêcher une baisse dangereuse de la température du corps pendant une durée pouvant atteindre, et quelquefois dépasser, 24 heures."

La combinaison de survie recouvre tout le corps à l'exception de la figure. Elle permet au naufragé de flotter indéfiniment et il ne faut qu'une minute pour la revêtir. Même dans une eau à 0°C, elle empêche la température du corps de descendre de plus de 2°C en six heures. Elle est maintenant obligatoire à bord de toutes les plates-formes de forage.

Les tenues de travail du personnel sont également conçues pour protéger du froid, poursuit Askew: "Quand quelqu'un tombe par-dessus bord ou qu'une embarcation chavire soudainement, personne n'a le temps d'enfiler une combinaison thermique. Le vêtement de travail isolant que nous avons mis au point assure une protection thermique



Cette combinaison de survie peut faire la différence entre la vie et la mort lors d'un naufrage en mer.

moindre que la combinaison de survie, mais peut contribuer, en cas de malheur, à sauver la vie de la victime."

Cette tenue présente toutefois un inconvénient. Selon David Goodman, les vêtements de travail isolants sont trop chauds. Mieux protégés dans l'eau glacée, ceux qui les portent souffrent en revanche d'hyperthermie (excès de chaleur) hors de l'eau.

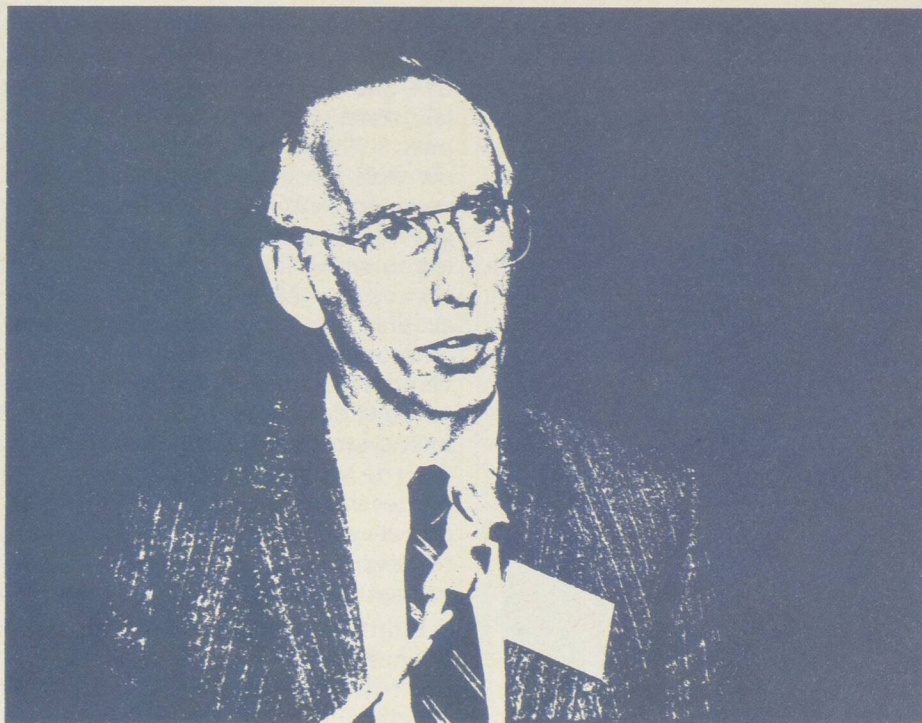
"Nous essayons de créer des tenues de travail capables de protéger du froid mortel de l'eau et d'éviter en

même temps aux travailleurs une surchauffe stressante qui diminue leur rendement", ajoute Goodman.

Dans les laboratoires de l'Université Simon Fraser, on se sert d'une chambre hypo et hyperbare qui permet de simuler tout un éventail de conditions pour tester les vêtements protecteurs. De l'air pulsé dans la chambre permet de simuler des plongeurs de plus de 30 brasses (54 m); la raréfaction de l'air permet de simuler les hautes altitudes. Dans une deuxième chambre, des personnes portant des vêtements thermiques sont exposées à des températures extrêmes pour étudier leur rendement sous différents climats. L'Université Simon Fraser fait de la recherche sur les vêtements thermiques depuis trois ans. Mustang fournit déjà des vêtements protecteurs aux sociétés pétrolières et à d'autres industries ainsi qu'aux gardes côtières du Canada et des États-Unis.

"Idéalement, affirme Askew, tous ceux qui travaillent sur les océans dont l'eau est glaciale devraient disposer à la fois de vêtements de travail isolants et d'une combinaison de survie mais l'acquisition de ces pièces d'équipement fait encore figure de dépense injustifiée." On ne peut prévoir, bien sûr, comment réagiront les personnes face au danger. En principe, les intéressés n'auraient besoin que d'une minute d'avis pour endosser leur combinaison thermique, mais on ne peut être certain qu'ils mettront à profit pour le faire cette première minute si critique pour leur survie. ☹

par Sandra Bars



Le Dr Gordon MacNabb, du CRNSG: "Il faut tenir compte des incidents avant qu'ils ne dégèrent en accidents."

Manfred Buchheit

Suite de la page 15

Tous se sont accordés pour dire que les systèmes actuels de recherche et de sauvetage de la Garde côtière et du ministère de la Défense sont inadéquats pour l'évacuation des plates-formes de forage. Mais plutôt que de modifier le système actuel, il vaudrait mieux le compléter par un système spécialement conçu pour les plates-formes.

Qui devrait réglementer les opérations de forage en mer? Le secteur industriel semblait dire que cette fonction devrait lui revenir tandis que les organismes gouvernementaux insistaient pour exercer cette responsabilité. Mais les deux parties n'étaient pas aussi éloignées qu'il y paraissait, s'entendant pour dire que si les règlements ne doivent pas être inutilement détaillés (travers qu'on attribue aux bureaucraties gouvernementales), il faut néanmoins définir certains points avec précision et fermeté. La formation du personnel pour faire face aux situations d'urgence en est un exem-

ple. Gordon MacNabb a déploré l'absence d'exigences formelles au niveau de la qualification à des postes clés sur les plates-formes. Ceci, devait-il ajouter, "est particulièrement déplorable dans un pays comme le Canada, qui est un spécialiste mondial de la simulation didactique". Cette intervention allait élargir le débat pour le faire porter sur la nature globale des opérations de forage en mer et sur la difficulté de réglementer la conception, la construction, l'accréditation du personnel et les procédures de gestion au sein de cette industrie internationale. Dans cette même veine, le Dr Hodgetts a fait remarquer que l'absence d'un accord international à ce niveau n'était pas de nature à inciter les exploitants de plates-formes à participer volontairement aux frais d'amélioration de la sécurité.

La question fondamentale constamment soulevée au cours des débats et sous-tendant toutes les discussions, était celle de la respon-

sabilité. Le Dr Hodgetts a fait observer qu'un grand nombre des participants aux audiences avaient utilisé le mot *responsabilité*, qu'il considère comme un "mot-piège ambigu" parce qu'on peut aussi bien l'employer à l'égard de personnes ("je suis une personne responsable") que d'une fonction ("je suis responsable de l'accomplissement de mon travail"). Il a ajouté que les politiciens avaient tendance à l'utiliser dans sa première acception avec une fréquence inquiétante. Mais, selon lui, personne ne l'a utilisé de façon aussi pertinente qu'Ara Moorian, lorsqu'il a contesté la thèse de Gordon Harrison qui proposait de placer un directeur exécutif "responsable" à la tête des opérations pour régler le problème de la sécurité. "Les directeurs faillissent avec la même régularité que nous", a-t-il affirmé.

Mooradian a alors exposé sa propre conception d'une bonne attribution des responsabilités et, ce faisant, il est apparu comme étant, de tous les intervenants, celui qui est parvenu à se rapprocher le plus d'une définition exacte du niveau de "risque acceptable" en matière de sécurité. Dans une centrale nucléaire, a-t-il expliqué, les ouvriers reçoivent — quel que soit le niveau où ils travaillent — un ensemble de directives précises qu'il doivent exécuter selon un plan préétabli. Le système de sécurité n'admet que des perturbations mineures dans le fonctionnement du réacteur, lequel ne peut s'écarter du fonctionnement "normal" qu'à l'intérieur de tolérances très étroites jugées acceptables par l'administrateur. Toutefois, s'il les dépassait (et ceci est établi d'après les données provenant de *n'importe quel* système de sur-



Index Stone International

Les derniers aventuriers: des ouvriers prennent leur service à bord d'une plate-forme de forage. Il semble que le risque soit l'élément qui les porte à rechercher le danger et l'inconfort de la vie en mer.

veillance de l'usine), l'opérateur se trouve alors devant un "incident" qui doit être rapporté. Selon la nature du problème, a expliqué Mooradian, les ingénieurs ou les scientifiques l'étudieront jusqu'à ce qu'il soit compris et corrigé. Le système de sécurité d'une usine nucléaire permet donc aux employés de réagir à une situation "anormale" bien avant que le réacteur ne risque la catastrophe. L'établissement sans équivoque des responsabilités de chacun fait partie intégrante d'un tel système de sécurité.

Par contre, les ordres donnés par les différents responsables de l'*Ocean Ranger* étaient de nature à semer la confusion dans les esprits. Il y avait un maître de plate-forme et un chef de chantier à bord et les deux détenaient une certaine autorité. Bien que l'organigramme de la société exploitante identifiait clairement l'autorité ultime, l'identité de cette autorité n'était pas nécessaire-

ment évidente pour l'équipage qui ne savait pas vers qui se tourner en cas d'urgence. De plus, les incidents techniques importants n'étaient pas rapportés, à toutes fins utiles, pour qu'on puisse en chercher la cause. Pourtant, a souligné MacNabb, "il faut tenir compte des incidents *avant* qu'ils ne dégénèrent en accidents".

Selon Hodgetts, tout système d'attribution des responsabilités n'a pour but que de définir "la discipline imposée aux acteurs", c'est-à-dire aux ouvriers. Le personnel de l'*Ocean Ranger* ne portait pas attention à ces incidents, a-t-il ajouté, "parce que personne n'était responsable".

Parmi les critiques les plus virulentes formulées au cours des audiences, mentionnons celles du Dr Terry Petty, président d'ODECO Engineers Inc., propriétaires et concepteurs du *Ranger*. En accusant les organismes de réglementation d'avoir graduellement érodé les normes de sécurité qui régissent la stabilité des plates-formes, Petty a transféré la responsabilité du camp de l'exploitation et de l'entretien à celui de la conception et de la construction. Petty a affirmé que les nor-

mes actuelles ne l'empêchaient pas, en tant qu'ingénieur, de concevoir une plate-forme qui puisse gîter (s'incliner) de vingt degrés par rapport à l'horizontale, alors que les ouvriers ne peuvent travailler efficacement sur une plate-forme "qui gîte de plus de douze degrés". Ces organismes laissent également le concepteur libre de prendre pour acquis que tous les "incidents entraînant des dommages" ne surviendront que par mer calme et par un vent de moins de 50 noeuds; en même temps, ils permettent que le pont de la plate-forme soit submergé par les vagues "en sachant très bien que le pont n'est pas conçu pour résister à des vagues poussées par un vent de 50 noeuds".

Suite à cette observation, le professeur Edgar Gold, de la Faculté de droit de l'Université Dalhousie, a affirmé que quelqu'un de "responsable" au sein de l'industrie du forage en mer devrait envisager le retrait de toutes les plates-formes océaniques jusqu'à ce que cette question soit réglée. Il a déclaré: "L'industrie aéronautique a cloué au sol toute une série d'avions — celle des DC-10 — pour de longues périodes après que l'on eut simplement *soupçonné* un problème de conception."

Dans son exposé de clôture, le président Omond Solandt s'est dit optimiste face à la bonne volonté démontrée par les organismes de réglementation de l'industrie pétrolière. Il a cité aux commissaires l'exemple de la Grande-Bretagne — où un organisme responsable de l'exploitation des champs de pétrole britanniques en mer du Nord chapeaute les différents secteurs de cette industrie. Il a suggéré que le Canada s'inspire de ce modèle pour mettre sur pied sa propre structure organisationnelle. L'une des principales caractéristiques de la structure britannique, a indiqué Solandt, est qu'elle inclut non seulement des représentants de l'industrie et du gouvernement mais également une forte représentation du secteur de la recherche. Ce qui rejoint l'une

des recommandations de Gordon MacNabb à l'effet que l'industrie pétrolière devrait faire beaucoup plus de recherche en collaboration avec les gouvernements et les universités. Solandt a affirmé qu'un tel organisme ne se bornerait pas uniquement à établir de bons mécanismes de réglementation mais qu'il les adapterait sans cesse aux conditions changeantes du milieu par le biais de la recherche. Il a ajouté: "Il pourrait même anticiper les difficultés et avoir, le cas échéant, des solutions pratiques à proposer pour leur porter remède."

Après que le président de la commission, le juge en chef terre-neuvien T.A. Hickman, eut remercié l'assemblée et annoncé la clôture des audiences, l'atmosphère dans la salle était nettement positive. On pouvait entendre un mélange fascinant d'accents — texan, norvégien, écossais, anglais, canadien — qui reflétait la nature internationale de ces rencontres. Un sentiment de confiance et de dynamisme semblait se dégager de l'assistance en dépit du drame qui avait motivé cette rencontre. Chacun dans leur domaine, ces technocrates et ces ingénieurs se

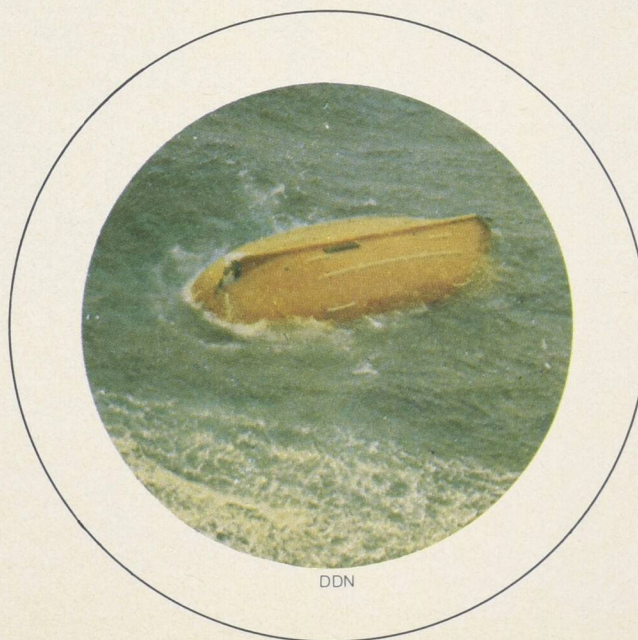
trouvent confrontés à la réalité quotidienne qui les place parfois devant des situations déchirantes et dangereuses. Leur compétence professionnelle les amène souvent à trancher des questions de vie ou de mort pour le personnel dont ils doivent assurer la sécurité. La sobre élégance de leurs luxueux costumes gris, noirs ou marron n'empêchait pas de les imaginer aussi à l'aise en bleus de travail et coiffés d'un casque de sécurité sur le pont oscillant d'une plate-forme océanique. Tout au long des audiences, on sentait jaillir l'énergie de ces hommes mobilisés par la catastrophe de l'*Ocean Ranger*, et leur désir presque palpable d'aller au fond du problème et de fournir aux commissaires l'information dont ceux-ci avaient besoin pour appuyer leurs décisions.

Finalement, se manifestait sans équivoque une volonté unanime de mettre en commun la somme d'expérience et l'ensemble de connaissances hautement spécialisées et diversifiées des multiples secteurs

de l'industrie pétrolière. Chez les présidents de la commission qui tirèrent les leçons de ces audiences, on ne pouvait s'empêcher de noter comme une résurgence, sous une forme renouvelée, de l'esprit de la Renaissance — une sorte de "collectif de la Renaissance" plutôt que l'universalité du savoir concentrée dans une seule personne. Les quatre présidents ont couvert, dans leurs exposés de clôture, tous les aspects de l'industrie du forage. Le président principal, Omond Solandt, a réussi le tour de force d'intégrer toute cette information dans son allocution finale. La somme de leurs efforts permettra peut-être de redonner au mot "responsabilité" sa signification première, et de fixer des niveaux de risque acceptable afin d'éviter la répétition d'accidents comme celui de l'*Ocean Ranger*. L'ingénieur Thomas Bouch, "ce malheureux bâtisseur de ponts dépassé par l'ampleur de sa tâche et mort de honte" comme l'a décrit le Dr Hodgetts, aurait sans doute connu un meilleur sort s'il s'était entouré d'une telle communauté d'experts.

Une embarcation de sauvetage de l'Ocean Ranger s'est renversée.

Adaption française: Line Bastrash



DDN

Suite de la page 2

dinosaures et que la Science n'avait pas le droit d'écarter cette question avec des hypothèses aussi vagues que le "retrait des mers". Celles-ci ne peuvent être testées de façon rigoureuse et elles obscurcissent le débat plus qu'elles ne l'éclairent. Elles donnent l'illusion que les scientifiques tiennent la réponse alors qu'ils n'ont pas de solutions intelligentes à cette énigme.

Puis, en 1967, Terry et Tucker ont proposé une explication faisant appel aux supernovae. Je me suis dit: "Voici un mécanisme qui pourrait provoquer une extinction soudaine sur terre." J'étais enthousiasmé par cette idée et c'est avec plaisir que je me suis initié aux rudiments de l'astrophysique. Mais j'allais vite découvrir à ma grande stupéfaction que la plupart des paléontologistes n'acceptaient même pas d'examiner cette possibilité. Au lieu de penser: "Voilà un modèle intéressant, une hypothèse que nous pouvons vérifier", ils semblaient dire: "C'est une théorie embarrassante. Elle soulève des arguments que nous tentons de réfuter depuis des années, comme le lamarckisme et le vitalisme". (Note du rédacteur: Jean-Baptiste de Monet, chevalier de Lamarck (d.1829) soutenait que des caractères acquis pouvaient être transmis par voie héréditaire; le vitalisme prétend que la chimie seule ne peut expliquer la vie.)

Mais, de plus en plus, la communauté scientifique reconnaît que les comètes et les astéroïdes puissent être des facteurs d'extinction et elle ne peut plus ignorer la possibilité que des cataclysmes soient à l'origine d'extinctions massives. Mais ne vous méprenez pas sur mes propos. Certains de mes meilleurs amis sont des partisans de la thèse "gradualiste".

Dimension Science: Certains pensent que ces extinctions massives sont peut-être la principale force motrice de l'évolution, particulièrement si elles se répètent tous les 26 millions d'années. Êtes-vous d'accord?

Russell: Cette hypothèse n'a rien d'absurde mais je crois qu'il est encore trop tôt pour s'y rallier. Malgré leurs conséquences incommensurables, ces extinctions massives n'ont probablement aucune signification biologique: que des corps énormes terminent leur voyage à travers l'espace en percutant violemment la Terre n'a rien d'intentionnel. Ces phénomènes sont si peu fréquents que les systèmes biologiques terrestres ne peuvent s'y adapter. La sélection naturelle demeure véritablement le principal moteur de la vie. Tout phé-

nomène qui engendre la mort est probablement négatif à long terme et n'a pour effet net que de ralentir le processus évolutif.

Dimension Science: Vous vous êtes intéressé récemment à l'idée d'une évolution progressive et dirigée. Pourquoi?

Russell: Nombreux sont ceux qui affirment que l'évolution n'a pas de direction: les gènes se transforment au hasard et ces mutations sont transmises qu'elles soient bénéfiques ou non à l'organisme. Cette conception écarte presque toute possibilité que la sélection naturelle puisse tendre vers une forme particulière, ou un "morphotype" dans le jargon des biologistes.

Mais ce n'est pas ainsi que je vois les choses. Je crois que, dans la lutte pour l'existence, certains morphotypes sont recherchés de façon sélective. Certaines formes réapparaissent tout simplement parce qu'elles sont efficaces. Ce phénomène se nomme la convergence. La nature a évolué vers le morphotype "chien" tant à partir des mammifères que des marsupiaux; le même phénomène peut être observé dans le cas des oiseaux et des poissons.

Si vous examinez la population fossile, vous constaterez une très grande convergence. Un dinosaure qui vivait en Asie centrale possédait un crâne semblable à celui d'un perroquet moderne. Il devait fonctionner de la même façon, mais il n'appartenait pas à un perroquet. C'est le crâne d'un dinosaure vieux de 70 millions d'années. Certains dinosaures cuirassés avaient une queue en forme de matraque dont ils se servaient pour terrasser des mammifères; d'autres ressemblaient à des bradypes, d'autres encore possédaient un appareil masticatoire proche de celui de la vache moderne. Lorsque vous relevez de tels exemples de convergence à travers toute l'évolution des dinosaures, vous ne pouvez faire autrement que d'évoquer un morphotype idéal qui représente la meilleure solution que la nature ait pu trouver pour une situation donnée. Ces morphotypes sont si bien adaptés à leur niche écologique qu'on est porté à voir dans cette niche le moule qui a produit la forme. Que cette niche appartienne au Crétacé ou à notre époque n'y change rien.

Alors, si la nature "voit" des avantages à produire des vaches et des dinosaures, pourquoi ne verrait-elle pas des avantages à engendrer une créature comme l'Homme, cet être capable de manipuler des outils et de faire face à de nouvelles situations? Il y a certainement des processus aléatoires qui jouent dans l'évolu-

tion, mais il n'y a pas de raison pour que ces processus ne tendent pas vers des buts conséquents.

Dimension Science: D'où cette créature dinosauroïde?

Russell: C'est précisément où je veux en venir. Le *Stenonychosaurus* possédait un cerveau suffisamment gros pour que soit possible l'apparition de la conscience. Le message fondamental que nous pouvons en tirer, c'est que l'Homme — pas nécessairement celui que nous connaissons, de type mammalien — pourrait être le modèle vers lequel le processus évolutif tend de préférence. Compte tenu du temps écoulé, les différences entre l'homme moderne et notre dinosauroïde sont bien minces. Que le premier ait évolué à partir d'un primate et l'autre à partir d'un dinosaure n'a pas grande importance. Quelle est la différence? Ces formes ont été dictées par des contraintes environnementales. Je dois cependant faire une mise en garde. Parce que le milieu physique de notre planète est demeuré extrêmement stable depuis les cinq dernières centaines de millions d'années, on pourrait être tenté de croire que l'évolution ne fait qu'adapter les organismes à leur milieu physique. Je crois que nous avons tort de privilégier ce type d'adaptation. L'adaptation des organismes les uns aux autres est bien plus importante encore: le milieu ne se compose pas uniquement des conditions physiques mais également des autres organismes vivants.

Dimension Science: Votre thèse que l'évolution se fait dans une direction particulière vous a-t-elle valu d'être accusé de vitalisme?

Russell: Je le crois. Mais je ne fais que décrire ce que je vois. Que certains préfèrent ne pas l'entendre ne change rien au fait que ces choses existent. Nous acceptons bien que des objets inanimés comme les étoiles et les galaxies puissent évoluer vers des fins prévisibles, pourquoi en serait-il autrement des organismes vivants? Eux aussi semblent se diriger vers un but; pourquoi ne tentons-nous pas de le découvrir?

Dimension Science: Et vous, que croyez-vous qu'il soit?

Russell: Il me semble évident que nous nous dirigeons vers une complexité croissante des êtres vivants. En ce qui nous concerne, je ne crois pas que notre espèce, l'*Homo sapiens*, va demeurer sur la Terre pour le reste

de son existence. La biomasse humaine sera peut-être fragmentée et dispersée dans tout l'univers et, l'espace étant infiniment vaste, il se produira sans doute un brassage génétique encore plus grand, qui donnera de nouvelles sous-espèces humaines ou, qui sait, des espèces entièrement nouvelles. Il se peut également qu'il existe d'autres êtres intelligents en dehors de nous, d'où la légitimité de la recherche qui se fait actuellement pour découvrir une vie extraterrestre.

La vérité est que nous n'en savons rien. Il est impossible de prédire, du moins en ce qui me concerne, où nous mène notre voyage. C'est facile d'affirmer que la vie devient de plus en plus complexe, mais difficile de dire ce qui en résultera. Qui aurait pu prédire que la symbiose harmonieuse d'un champignon et d'une algue allait donner naissance à une plante terrestre, le lichen, qui a vu le jour en dehors des océans et a colonisé tous les continents? Comment aurions-nous pu prédire une civilisation technologique à partir de l'examen des tissus se trouvant entre vos deux oreilles? Ou un code génétique à partir du comportement des particules atomiques? Que rien de tout cela ne constitue *en soi* la preuve d'une direction évolutive, je vous l'accorde, mais ne pas savoir *vers* quoi s'achemine l'évolution n'empêche nullement de reconnaître que celle-ci est en marche.

Je ne comprends pas pourquoi tant de biologistes refusent d'envisager la possibilité que l'évolution puisse avoir une direction. Devons-nous en déduire que l'Homme est l'être le plus complexe que le cosmos puisse produire? Je ne peux accepter pareille prétention. Nous sommes parvenus à un niveau donné sur la grande échelle évolutive; nous ne pouvons prétendre qu'il s'agit là du sommet de l'évolution biologique lorsque nous constatons tous les progrès qui ont été accomplis dans le passé. L'Homme a encore peut-être des millions, voire des milliards d'années devant lui.

Notre tradition philosophique occidentale est historique et progressive: elle a un début et une fin. Il en va de même de l'évolution. Mon intention n'est nullement de cautionner une quelconque interprétation métaphysique. Mes arguments sont purement paléontologiques, biologiques et évolutifs. La causalité divine n'est pas du ressort de la Science. Mais si quelqu'un réussit, par miracle, à me convaincre que l'évolution n'est due qu'au hasard, alors je croirai aux miracles! ☾

Adaptation française: Line Bastrash



UNE PLANÈTE À CONQUÉRIR



par Sandra Bars

CBC-TV la contrepartie anglophone de Radio-Canada vient d'achever la réalisation d'une série d'émissions intitulée *A Planet for the Taking*. Cette série, qui sera présentée dans le cadre du programme « The Nature of Things », nous force à nous interroger sur certains éléments fondamentaux de la Science et de la Technologie occidentales. Elle sera animée par le généticien bien connu, David Suzuki, et comme l'explique James Murray qui en est le réalisateur en chef, « son titre est très approprié car son contenu met en lumière l'impact de l'homme sur la nature. En effet, nous nous comportons comme si nous étions détachés de la nature, comme si la nature était une ressource à notre entière disposition, comme si la valeur des choses n'était déterminée que par l'usage que l'homme pourrait en faire. »

« *A Planet for the Taking* » nous montre, en partant des origines, comment l'homme interprète la nature et l'asservit, et suggère que notre perception occidentale de la vie n'est peut-être pas universelle. Allant du désert du Kalahari, à une collectivité établie sur des récifs de coraux puis à une exploitation laitière ultramoderne du sud de l'Ontario, ce programme remet en question la validité de l'interprétation agressive que l'homme a donnée à sa théorie de « la survie des plus aptes » et de sa perception de la naissance, de la vie et de la mort.

L'une des parties de cette série comporte une comparaison contrastante entre les attitudes nord-américaine et indienne vis-à-vis de la naissance. « En Inde, explique

Suzuki, c'est la nature qui décide. Pendant les dix premiers jours de la vie, qui sont les plus critiques du point de vue mortalité, les nouveau-nés ne sont pas considérés comme étant tout à fait humains. Ils sont tout juste nourris. On laisse la nature suivre son cours. Ce n'est qu'au dixième jour que l'enfant reçoit un nom et qu'il est placé pour la première fois dans un berceau; il devient alors humain. S'il meurt avant cette date, on n'en fait pas une tragédie. En Amérique du Nord, par contre, chaque vie est précieuse dès le début et l'on déploie des efforts héroïques pour sauver des bébés dont le poids atteint à peine une livre. En revanche, nos médecins interrompent par avortement de 40 à 50% de toutes les grossesses normales pour des raisons autres que de santé. L'objectif de la médecine est de contrôler leur aboutissement, que ce soit en assurant leur bon déroulement ou en y mettant fin. Nous voulons uniquement être maîtres de la situation. » Cette série mettra en lumière d'autres paradoxes de l'idéologie et du comportement occidental en vue d'encourager le public à prendre part au débat.

Suzuki va jusqu'à dire que les scientifiques occidentaux sont immoraux car ils se départissent de la responsabilité des conséquences de leur recherche. « Les chercheurs qui s'intéressent aux recombinaisons génétiques ne sont pas différents de ceux qui, au début du siècle, préconisaient l'eugénisme. Ils sont hypnotisés par les victoires qu'ils remportent et ils n'hésitent pas à extrapoler... et à s'aventurer sur des territoires

qui leur sont interdits. L'histoire de la génétique en est un terrible exemple. Cette façon de penser a été introduite par la haute bourgeoisie de race blanche qui se sert de la Science pour justifier ses convictions. Ceci n'est pas la devise des scientifiques. Je ne mets pas en doute les bonnes intentions qui motivent cette société, mais leur perception de la réalité est déformée par leur système de valeurs particulier. »

L'intention de la série « *A Planet for the Taking* » n'est pas de véhiculer un message pessimiste. Murray précise que « malgré son désir de dominer tous les organismes vivants et de présider à leur destinée, l'homme conserve toutefois des sentiments fondamentalement humains vis-à-vis des autres créatures. Ce que nous demandons aux téléspectateurs, c'est de réfléchir à cette question. N'y voient-ils pas un point de référence qui nous permettrait d'évaluer la qualité des rapports que nous avons établis avec la vie sur notre planète? Ce programme changera sans doute la perception de soi et celle de l'environnement et de la nature de tous ceux qui le verront. »

Cette série de huit émissions télévisées débutera sur le réseau anglais de CBC-TV en février 1985.

Le présent article est consacré au journalisme scientifique canadien. Au cours de l'année nous passerons en revue les principales émissions scientifiques diffusées à la radio et à la télévision au Canada français.

Adaptation française: Annie Hlavats

Des photons à notre pain quotidien

La recherche en photosynthèse dans deux universités canadiennes

par Wayne Campbell

Le moteur de la vie", écrit Albert Szent-Györgyi, Prix Nobel de chimie, "c'est un faible courant électrique entretenu par la lumière solaire." Szent-Györgyi faisait allusion à la photosynthèse, processus chimique prédominant par lequel les plantes vertes de notre planète synthétisent du sucre glucose, qui est la source d'énergie de tous les organismes vivants de la biosphère.

Bien que l'idée qu'un courant électrique puisse traverser une jonquille ou un pin semble plutôt étrange, l'une des découvertes de ces dernières années dans le domaine de la photosynthèse a permis de montrer que l'énergie des photons de la lumière solaire est convertie en potentiel électrique avant d'être transformée en énergie chimique utilisable par la matière vivante. C'est au sein des structures mystérieuses des cellules végétales appelées chloroplastes que de minuscules organes verts, sortes de piles photovoltaïques, effectuent cette transformation.

Mais, malgré les progrès réalisés dans la compréhension du phénomène, nous ne sommes pas encore en mesure d'en fournir une explication détaillée, et ceci pour la simple raison que sa complexité

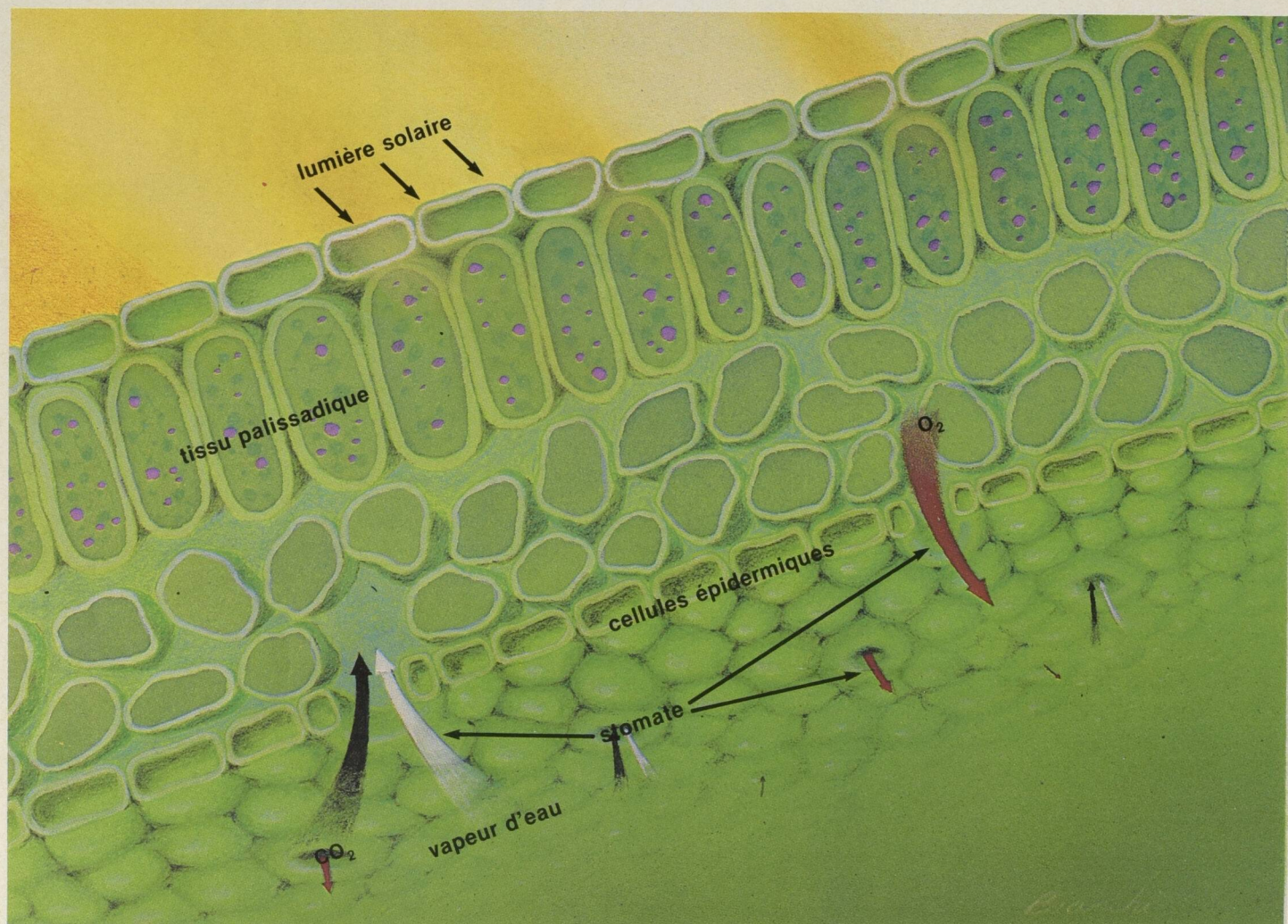
nous dépasse. La nature des éléments moléculaires et des mécanismes qui déclenchent et mettent fin au processus nous sont certes déjà familiers, mais les étapes intermédiaires qui assurent la transformation de l'énergie solaire reçue restent encore à expliquer.

La photosynthèse a toujours été un exemple classique de "boîte noire" scientifique et elle garde encore la majeure partie de ses secrets. Nous savons ce qui y entre (gaz carbonique et vapeur d'eau) et ce qui en sort (sucre glucose et oxygène). Quant aux phénomènes qui se déroulent à l'intérieur, ils nous échappent presque totalement. On sait depuis un certain temps que la chlorophylle, pigment qui donne aux plantes vertes leur couleur caractéristique, est intimement liée au piégeage de l'énergie et, au cours de ces dernières années, d'autres composés intervenant dans ce même processus ont également été identifiés, mais leur rôle précis n'a pas encore été élucidé.

Aujourd'hui, plusieurs laboratoires du monde entier essaient de percer les secrets de la photochimie végétale et parmi ceux-ci, aux États-Unis, le Solar Energy Research Institute, à Golden, dans l'État du Colorado, ainsi que des laboratoires des

États de l'Arizona, de New York et de l'Illinois. Le Canada s'y intéresse aussi et dispose de groupes de recherche bien étoffés qui s'y sont attaqués, notamment aux Universités du Québec à Trois-Rivières (UQTR) et de Western Ontario (UWO), à London, en Ontario. Le professeur Roger Leblanc, directeur du Centre de recherche en photophysique de l'UQTR, et le professeur James Bolton, directeur de l'Unité de photochimie de l'UWO, se sont rencontrés en Israël, il y a quelques années, à l'occasion d'une conférence, et ils sont depuis lors restés en contact. Comme leurs laboratoires s'intéressent à différents aspects de la photosynthèse, leurs programmes expérimentaux sont complémentaires. L'hiver dernier, au cours d'une semaine particulièrement enneigée et froide, le Dr Bolton a rendu visite à ses confrères, à Trois-Rivières, dans le cadre d'un programme d'échange scientifique interprovincial.

Il a pu ainsi discuter avec lui de problèmes scientifiques communs dans un langage qui rend la communication claire et efficace entre scientifiques mais qui fait perdre pied au profane. Roger Leblanc, aux cheveux grisonnants, mais étonnamment jeune pour un chef de laboratoire responsable d'un effectif



John Bianchi

Bien que l'on ne soit pas encore en mesure d'expliquer tous les mécanismes de la photosynthèse, certains faits sont clairs. La lumière solaire (représentée par des flèches) traverse les 'cellules épidermiques' (de forme rectangulaire) à la surface externe de la plante. Au-dessous de cette couche externe de cellules épidermiques se trouve une couche de cellules végétales différentes disposées en palissade et appelée, pour cette raison, 'tissu palissadique'. Les chloroplastes qui sont le siège de la photosynthèse se trouvent à l'intérieur des cellules végétales. La vapeur d'eau (flèches blanches) et le gaz carbonique (flèches noires) arrivent aux chloroplastes par la surface sous-jacente, pénétrant par de petits orifices appelés 'stomates'. Ce sont les matériaux bruts qui entrent en jeu dans la réaction principale de la photosynthèse et dont les produits sont le sucre glucose et l'oxygène. (Les flèches rouges représentent le dégagement d'oxygène par la voie des stomates).



UQTR

Roger Leblanc s'intéresse au phénomène de piégeage de la lumière par les plantes.

de plus de 50 personnes, a présenté les problèmes rencontrés dans le domaine de la photosynthèse et expliqué pourquoi les chercheurs ont mis tant de temps à les définir. D'une voix basse et pondérée, propre à un scientifique à l'aise dans son champ de spécialisation, il s'est adressé en anglais à un auditoire qui maîtrisait moins bien sa langue. "Non seulement les structures que nous essayons d'expliquer sont composées d'une multitude de molécules différentes réagissant entre elles selon une séquence bien déterminée que nous commençons à peine à comprendre, mais la vitesse réelle du piégeage et du transfert de photons de la lumière solaire est d'une rapidité telle qu'elle dépasse même celle du courant électrique."

"En fait", ajoute James Bolton, homme mince et grand à l'allure imposante, "l'étape qui suit le piégeage et le transfert des photons fait intervenir un flux d'électrons ou, plus précisément, un courant électrique. Roger s'intéresse à la première étape, c'est-à-dire au transfert de photons, et moi, je m'intéresse à la seconde étape, celle du flux d'électrons."

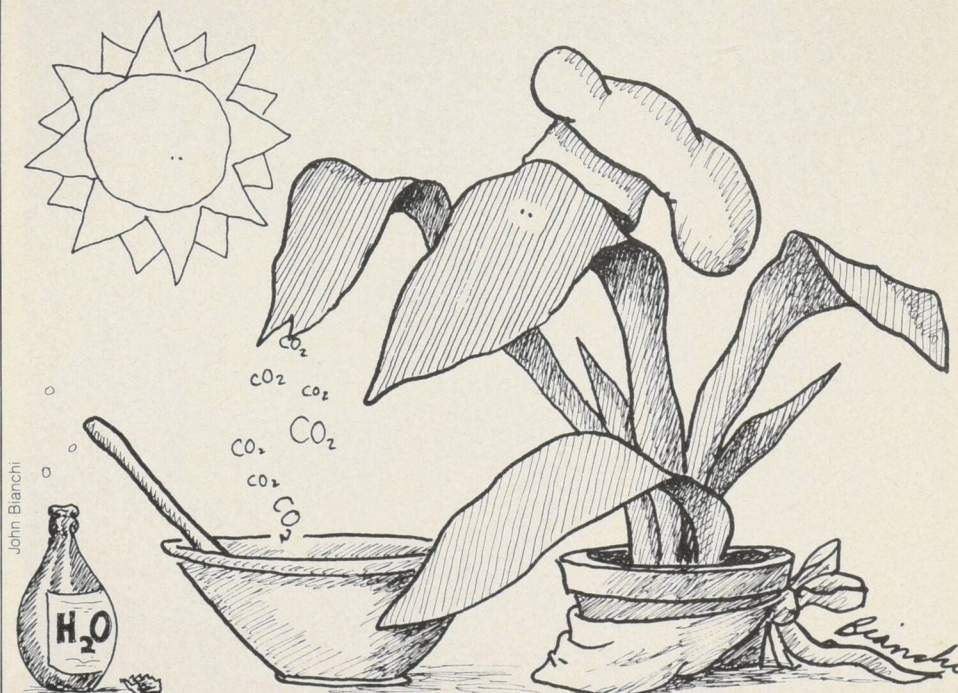
Mais, pour mieux comprendre ces explications faisons le point sur le mécanisme photosynthétique. Comme l'explique le Dr Leblanc, à l'intérieur des chloroplastes, siège de la photosynthèse dans les cellules végétales, se trouvent des piles de petites lamelles en forme de disque

appelées thylakoïdes et c'est précisément au niveau de la membrane des thylakoïdes que le mécanisme en question entre en jeu. Comme bien d'autres processus vitaux, tels que la propagation de l'influx nerveux chez les animaux, l'activité hormonale et la sélectivité cellulaire, la photosynthèse se déroule au niveau de la membrane. La membrane des thylakoïdes est une structure complexe semblable à celle de la cellule elle-même, et elle est parsemée de complexes de pigments protéiques appelés 'photosystèmes'. (Voir schéma page 29.) Ces photosystèmes sont répandus dans la membrane de la surface intérieure vers la surface extérieure et, comme nous allons le voir par la suite, cette distribution est essentielle à leur activité.

Pour mieux se représenter les phénomènes qui interviennent dans la photosynthèse, il suffit de suivre un photon de la lumière solaire incidente qui vient frapper l'un de ces photosystèmes. "Lorsque le photon arrive à la surface de la membrane, explique le professeur Leblanc, il est absorbé par une molécule ou 'antenne' de chlorophylle qui, par ce gain d'énergie, atteint ce que les chimistes appellent 'un état excité'. Les photosystèmes contiennent des amas de quelque 400 antennes liées à des protéines qui agissent comme des concentrateurs de photons.

"L'énergie du photon, qui est alors contenue dans la molécule de chlorophylle excitée, traverse la surface et se propage d'une molécule de chlorophylle à l'autre, comme par un processus d'induction par étapes, c'est-à-dire sans transfert d'électrons. Cet état d'excitation est ainsi transmis de molécule en molécule jusqu'à un site que l'on appelle 'centre de réaction'. Ce transfert énergétique est extrêmement rapide; en fait, il se produit en un espace de temps considérablement inférieur à une nanoseconde ou si l'on préfère à un milliardième de seconde."

D'après le professeur Leblanc, à peu près tout ce que l'on sait sur ce centre de réaction, qui est pourtant l'un des éléments photosensibles les plus importants de la vie, c'est qu'il est de nature protéique et qu'il est principalement composé de chlorophylle *a*, substance légèrement différente de la chlorophylle *b* contenue dans les antennes. Mais ce centre de réaction a la propriété particulière et vitale d'assurer le transfert intramoléculaire d'électrons d'un site donneur à un site récepteur en l'espace de quelques fractions de seconde. Ce transfert est en fait réalisé de telle sorte que, pendant un bref instant, le centre se trouve simultanément affecté de deux charges opposées puissantes.



Ainsi, lorsqu'une molécule de chlorophylle *a* absorbe l'énergie d'excitation, elle n'accède pas à un état d'excitation supérieur, mais devient ionisée et perd un électron qui est rapidement acheminé vers un site récepteur au voisinage de la surface externe d'un thylakoïde. Privée d'un électron, la chlorophylle *a* se trouve donc affectée d'une forte charge positive, tandis que le site récepteur qui reçoit l'électron acquiert une charge négative. D'après le professeur Bolton, le centre de réaction chlorophylle-protéine se comporte comme une vraie cellule photovoltaïque, créant des zones de charges positives et de charges négatives à partir de la lumière solaire, tout comme les pôles d'une pile sèche. "S'il était possible de placer des électrodes de part et d'autre du centre de réaction protéique, précise Bolton, on pourrait capter un courant électrique."

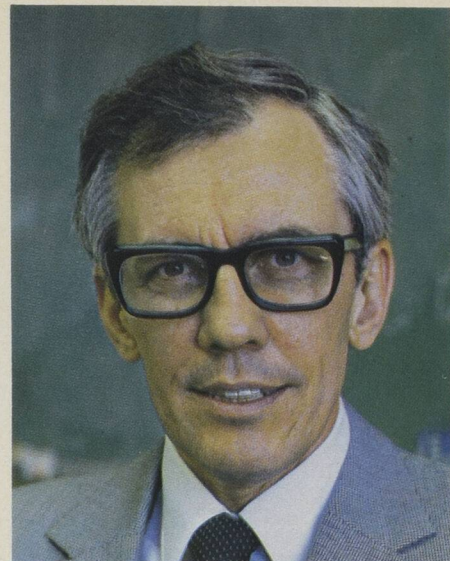
Si l'énergie produite par une cellule photovoltaïque est canalisée par des fils électriques, l'énergie reçue dans les chloroplastes végétaux suit un chemin bien différent. En effet, l'électron du centre de réaction est transféré par une chaîne de substances d'un premier photosystème (inadéquatement appelé photosystème II), à un second photosystème (appelé, vous l'avez deviné,

photosystème I). Là, il est énergisé à nouveau par un autre photon de la lumière solaire qui lui permet de retourner une dernière fois à la membrane où, finalement, une seconde chaîne de molécules l'achemine jusqu'à un composé du nom compliqué de nicotinamide adénine dinucléotide phosphate ou NADP.

"La molécule de NADP chargée d'un électron, explique le professeur Bolton, constitue une forme d'énergie que la cellule peut utiliser directement pour alimenter les myriades de processus chimiques qui entrent en jeu dans son activité métabolique. L'un de ces processus est la synthèse du sucre glucose à partir du gaz carbonique et de l'eau."

Pour comprendre le rôle que l'eau joue dans la photosynthèse, retournons au premier photosystème où nous avons laissé une molécule de chlorophylle *a* affectée d'une charge positive. Cette molécule ainsi chargée se comporte, en fait, comme un oxydant puissant empressé de récupérer l'électron qu'il a perdu et qui a abouti dans la molécule de NADP.

"L'eau fournit un électron de remplacement, poursuit le professeur Bolton. À l'intérieur du photosystème se trouve un mécanisme de dissociation qui arrache les électrons de la molécule d'eau et la



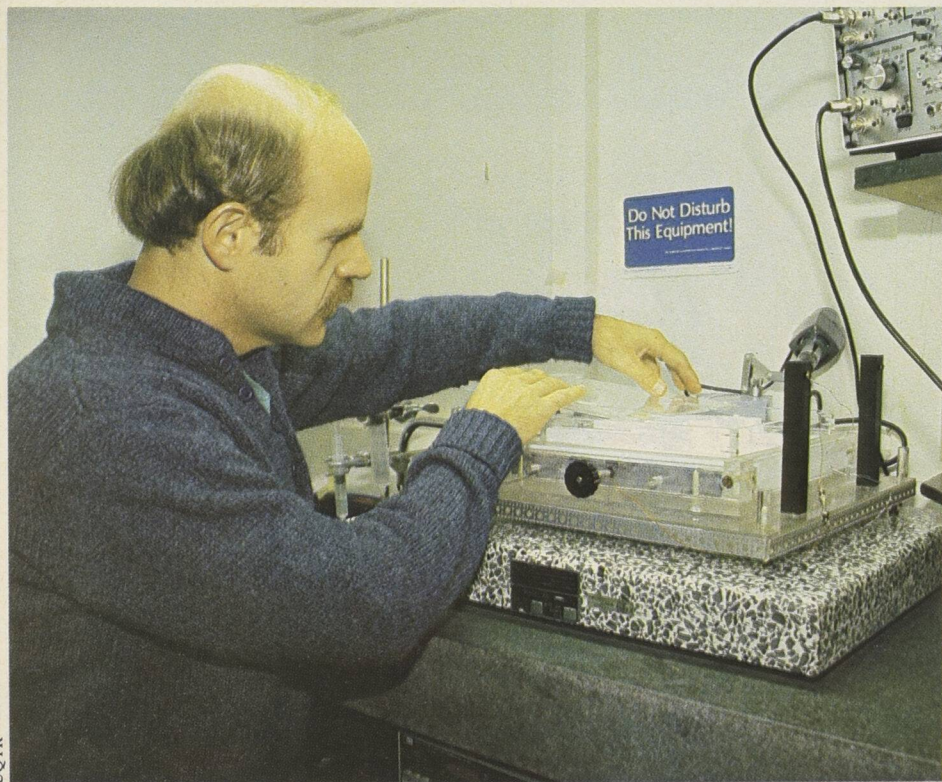
James Bolton cherche à percer les mystères de la photochimie.

décompose en oxygène moléculaire et en ion hydrogène. Ceci permet à la molécule de chlorophylle *a* de récupérer son électron perdu. Mais, à peine est-il retrouvé qu'un autre photon vient le déloger et le processus se renouvelle.

"En résumé, les photons créent un flux d'électrons qui prend naissance au niveau de l'eau et passe par deux photosystèmes. Ces deux photosystèmes, qui interviennent successivement, convertissent le NADP en NADPH par une réaction de réduction, et le NADPH ainsi obtenu est à son tour utilisé pour la synthèse du glucose."

On a donc une certaine notion des phénomènes qui entrent en jeu dans la photosynthèse et les professeurs Leblanc et Bolton se servent de l'information existante pour approfondir leurs connaissances de ce processus.

Mais rendons la parole à Roger Leblanc: "Bien que James et moi-même nous nous intéressions à différents aspects de ce phénomène localisé dans la membrane, nos approches sont semblables. Tous deux, nous construisons des modèles relativement simples, qui sont des représentations approximatives du système que nous entrevoyons,



Le Dr Pierre Tancrède de l'UQTR est responsable de la mise au point des membranes synthétiques qui reproduisent certains aspects du photosystème de la chlorophylle.

puis nous les comparons aux systèmes réels. Cependant, ce qui m'intéresse en particulier, c'est l'interaction de la lumière avec ces molécules, et notamment avec les pigments qui sont des substances sensibles à la lumière. James, quant à lui, s'intéresse davantage à une molécule qui a été synthétisée dans son laboratoire et qui, à l'image du centre de réaction protéique, a l'aptitude de transférer des électrons. À force de modifier nos paramètres en fonction des résultats obtenus, nous nous acheminons lentement vers un modèle qui ressemble de plus en plus au système rencontré dans les chloroplastes."

À Trois-Rivières, le professeur Leblanc a acquis une compétence de calibre international dans la mise au point de modèles de membranes ou de pellicules d'épaisseur moléculaire qui, espère-t-il, reproduisent la structure de la membrane du thylakoïde. À l'aide de ces modèles, il étudie les molécules des pigments présents dans le thylakoïde et leur comportement à la lumière. Outre les chlorophylles que nous connaissons, il existe d'autres pigments aux noms bizarres de plastoquinones, cytochromes, plastocyanines, et caroténoïdes. L'objectif de Leblanc est de découvrir comment ces diverses substances réagissent entre elles et avec les molécules voisines, et comment leur arrangement moléculaire complexe se présente dans la membrane. Il espère être ainsi en mesure d'expliquer les phénomènes de piégeage dans la photosynthèse.

Comme instrument de travail les chercheurs utilisent un bain de Langmuir qui en fait permet d'introduire des couches moléculaires de substances 'hydrophobes' (insolubles dans l'eau) à travers une surface d'eau. Les molécules lipidiques, qui entrent dans la composition des membranes doubles comme celle du thylakoïde, peuvent adopter une configuration à bicouche parce qu'elles sont constituées d'une queue hydrophobe et d'une tête hydrophile (attirée par l'eau). Lorsque ces molécules sont étalées sur

l'eau, elles se disposent en colonnes, les têtes baignant dans le liquide et les queues en projection dans l'air.

En fait, toutes les membranes vivantes sont constituées de deux couches de molécules phospholipidiques disposées en 'sandwich', les queues occupant la région centrale et les têtes constituant les surfaces internes et externes. Cette structure se retrouve dans la plupart des membranes des systèmes vivants. Ce qui les distingue entre elles, c'est plutôt la nature des protéines et des hydrates de carbone qui les composent. Comme d'autres biophysiciens, le professeur Leblanc avait constaté que lorsque des substances hydrophobes, telles que des phospholipides, sont au contact de l'eau, elles adoptent un arrangement en couche qui rappelle la structure de la membrane vivante, ou tout au moins de sa moitié. Mais, ne pouvant pas se satisfaire de cette ressemblance partielle, il a mis au point quelques procédés ingénieux qui lui permettent de reconstituer une membrane double à l'aide d'un bain de Langmuir, rapprochant d'avantage ses modèles de la réalité.

Mais pourquoi se donner tant de mal à produire des structures aussi délicates? (Ces couches sont si sensibles aux vibrations que le laboratoire de Trois-Rivières a dû faire installer

des amortisseurs spéciaux pour protéger l'équipement contre les vibrations causées par la circulation routière.) Ne serait-il pas plus simple, par exemple, de dissoudre les diverses molécules dans des solvants appropriés pour étudier leurs interactions?

"Ceci est impossible, poursuit Leblanc, pour la simple raison que les interactions recherchées ne se produisent pas en solution. Pour reproduire ces phénomènes tels qu'ils se produisent dans la réalité, il est essentiel de simuler les conditions rencontrées dans la nature avec autant de précision que possible.

"Comme je l'ai déjà mentionné, le thylakoïde comprend deux types de photosystèmes contenant des chlorophylles et d'autres pigments associés à des protéines (voir schéma page 29). Notre bain de Langmuir nous permet de fabriquer une variété de modèles de membranes, depuis les membranes simples (à une seule couche) jusqu'aux membranes doubles, plus élaborées, qui sont soit symétriques (composées de molécules identiques) ou asymétriques (composées de molécules différentes)."

Le professeur Leblanc peut ainsi braquer ses instruments photométriques sur ces membranes artificielles et déterminer le comportement à la



Le Dr Te-Fu Ho est un membre de l'équipe de l'UWO qui a créé une 'molécule de chlorophylle artificielle'.

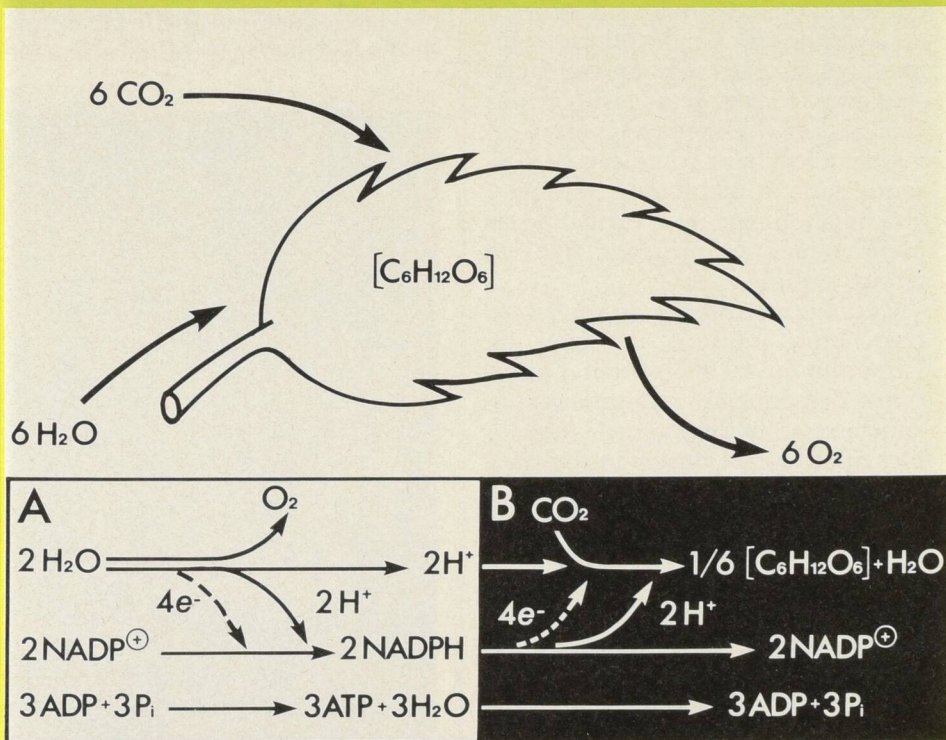
lumière des divers pigments ou observer, par exemple, l'influence d'une membrane particulière sur l'interaction de la chlorophylle avec la lumière. Plus les résultats de ses travaux se rapprochent des paramètres enregistrés sur des systèmes vivants et plus la structure artificielle qu'il étudie ressemble à son homologue naturelle. Dans ce domaine, où il est lui-même à la fine pointe des connaissances, ses expériences lui permettent d'explorer les aspects fondamentaux de l'arrangement et du comportement des structures. En fait, les données acquises en la matière sont si limitées qu'il devra commencer par déterminer quelles sont les substances qui réagissent entre elles.

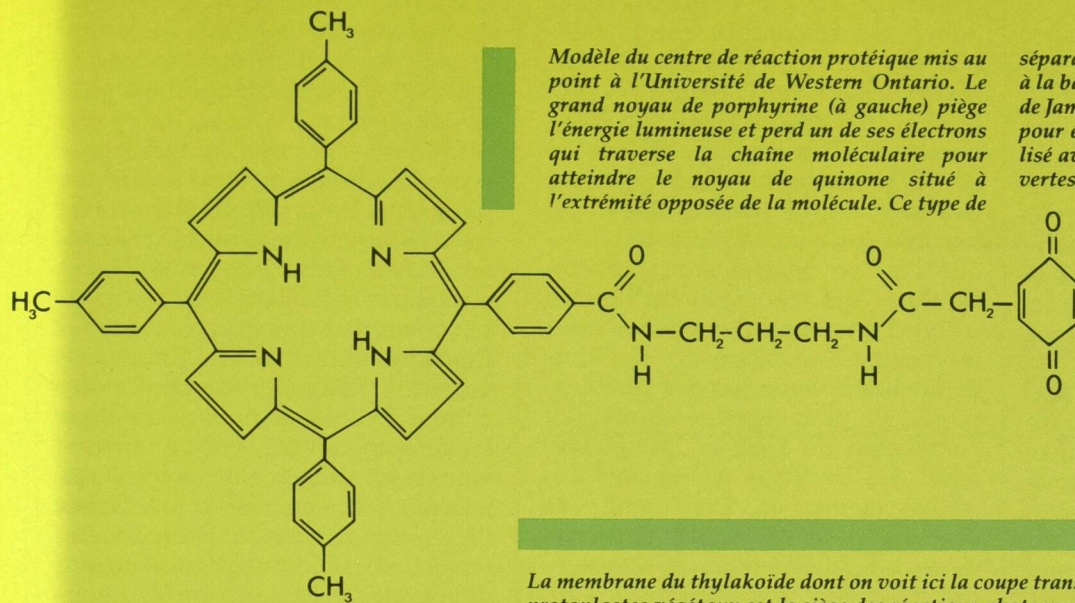
"Nous pouvons déjà identifier les pigments qui interviennent dans les réactions et déterminer leurs rapports moléculaires optimaux bien que nous ne soyons pas encore en mesure d'expliquer la nature de leur interaction. La chlorophylle et la quinone, par exemple, réagissent suivant un rapport moléculaire de 1 à 1, tandis que la chlorophylle et l'alpha-carotène (pigment qui donne aux carottes leur couleur particulière) ne sont même pas miscibles (ils ne se mélangent pas)."

Leblanc est persuadé que les chlorophylles sont associées à des protéines de la membrane et il a mis au point un système constitué d'une couche simple de pigments de chlorophylle qui, comme les phospholipides, comportent une tête hydrophile et une queue hydrophobe. Pour déterminer l'effet des protéines sur l'interaction de la chlorophylle avec la lumière, les chercheurs injectent ces substances (normalement hydrosolubles) dans l'eau du bain. "Celles-ci adsorbent à la surface de la couche simple de pigments et révèlent ainsi leur mode d'interaction avec la chlorophylle. Lorsque l'on utilise des protéines étrangères, telles que les cytochromes *c* qui n'existent pas chez les plantes, seule une faible interaction avec la couche simple de chlorophylle peut être observée. Par contre, lorsque l'on utilise des cytochromes *f*, qui sont d'origine végétale, cette interaction est bien plus

La vitesse du piégeage des photons de la lumière solaire par les plantes est supérieure à celle du courant électrique.

La chimie de la photosynthèse. Comme le montre le schéma, six molécules de gaz carbonique (CO_2) se combinent à six molécules d'eau (H_2O) à l'aide de l'énergie des photons de la lumière solaire pour produire une molécule de sucre ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) et six molécules d'oxygène (O_2). Ce processus peut donner lieu à deux réactions, la réaction A qui se produit en présence de lumière et la réaction B qui se déroule dans l'obscurité. La réaction A, qui est celle à laquelle les chercheurs de Trois-Rivières et de London s'intéressent, comporte la création d'un flux d'électrons à partir de la dissociation de l'eau et produit de l'oxygène et de l'énergie chimique sous la forme de molécules hautement énergiques de NADPH et ATP. Dans l'obscurité, ces deux dernières molécules sont utilisées par les cellules végétales pour la synthèse de sucre à partir de gaz carbonique et d'ions hydrogène provenant de l'eau.

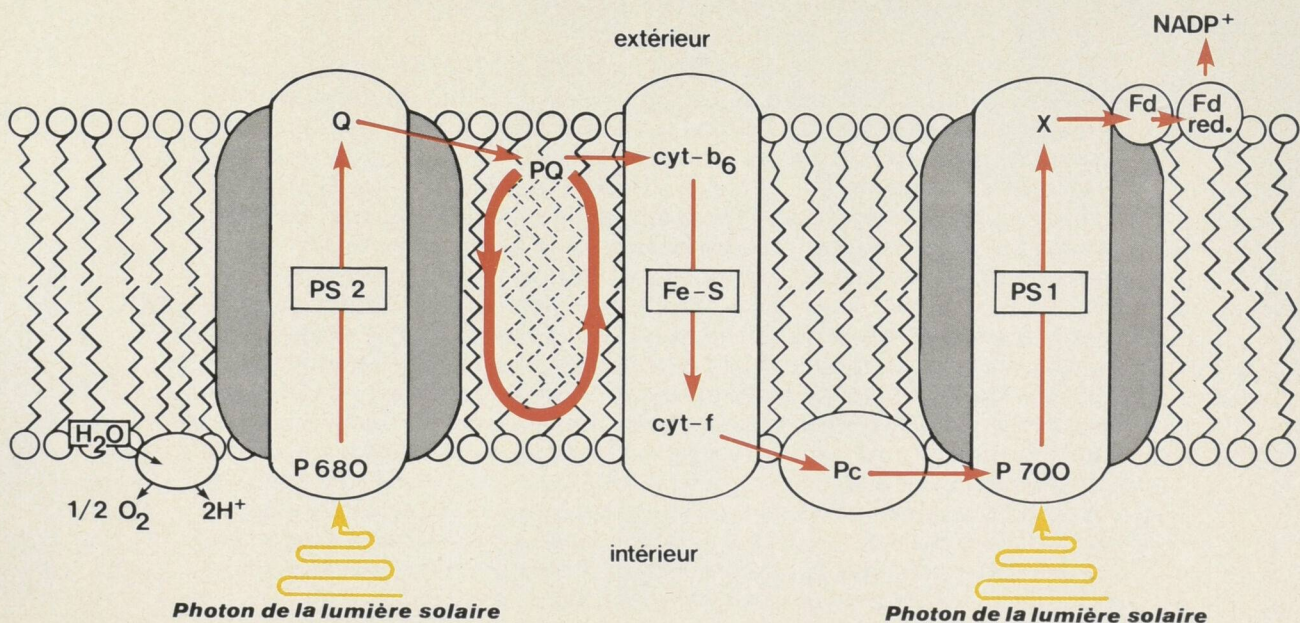




Modèle du centre de réaction protéique mis au point à l'Université de Western Ontario. Le grand noyau de porphyrine (à gauche) piège l'énergie lumineuse et perd un de ses électrons qui traverse la chaîne moléculaire pour atteindre le noyau de quinone situé à l'extrémité opposée de la molécule. Ce type de

séparation de charges induit par la lumière est à la base même de la photosynthèse. Le groupe de James Bolton, à l'UWO, se sert de ce modèle pour étudier ce processus naturel qui est réalisé avec bien plus d'efficacité chez les plantes vertes.

La membrane du thylakoïde dont on voit ici la coupe transversale et qui se trouve à l'intérieur des protoplastes végétaux est le siège des réactions photosynthétiques. Un photon de lumière (partie inférieure gauche du schéma) induit une séparation de charges au sein d'un complexe appelé 'photosystème 2' (PS2). Un électron est expulsé du centre de réaction appelé P680 et traverse le complexe moléculaire pour atteindre un 'récepteur' d'électrons (Q) composé de quinone. De là, il passe par une série complexe d'intermédiaires moléculaires qui forment la chaîne de transfert électronique de la membrane (flèches rouges). Le rôle des divers intermédiaires de la chaîne (PQ, cyt-b₆, -f, Pc, X, Fd) n'est pas encore bien compris, bien que leur ordre dans le système soit connu. L'électron vient finalement 'réduire' la molécule de NADP⁺ qui devient NADPH (en haut, à droite), molécule de haute énergie utilisée par les cellules pour la synthèse du sucre glucose. Avant d'arriver à la molécule de NADP⁺, l'électron passe par un second photosystème (PS1) où il reçoit une seconde impulsion d'énergie sous la forme d'un photon. P680, qui est affecté d'une forte charge positive (n'oublions pas qu'il a perdu un électron), récupère la charge perdue en prélevant des électrons de l'eau qui est ainsi décomposée en ions d'oxygène et d'hydrogène (en bas, à gauche). En résumé, la photosynthèse met en oeuvre un flux d'électrons allant de la molécule d'eau à la molécule de NADP⁺ qui sert, finalement, à la synthèse de sucre.



Suite de la page 28

marquée. Nous espérons éventuellement déterminer, à l'aide de nouveaux instruments, l'emplacement précis des sites de cette interaction au niveau moléculaire. Et nous voulons également savoir si la chlorophylle se présente sous forme d'agrégats ou de molécules individuelles (monomères) dans son association avec la protéine, ou bien si elle existe sous ces deux formes conjuguées."

L'un des phénomènes les plus fascinants auxquels Leblanc s'intéresse est celui de la fluorescence. Si l'énergie absorbée par la chlorophylle sous forme de lumière n'est pas rapidement acheminée par l'électron du chloroplaste, celui-ci retourne à son état original et l'énergie est dissipée sous forme de lumière ou fluorescence. En fait, les réactions de piégeage de la lumière sont en compétition avec la fluorescence et c'est ce qui explique pourquoi elles doivent être si rapides.

En décrivant l'approche systématique du Dr Leblanc, James Bolton fait remarquer que la composition de son équipe de chercheurs reflète bien la nature des processus qu'il étudie dans son laboratoire, à Trois-Rivières. "L'équipe de Roger comprend des physiciens, des ingénieurs, des chimistes, des biochimistes et des biologistes. Lorsque l'on se penche sur la photosynthèse, on s'aperçoit qu'elle fait d'abord intervenir des phénomènes physiques: l'excitation des électrons de la chlorophylle par des photons, puis des phénomènes chimiques: l'oxydation de l'eau et l'acheminement des électrons par le biais des photosystèmes et, finalement, des phénomènes biologiques: la formation du NADPH qui sert à la synthèse du glucose et à l'activation du métabolisme cellulaire."

Les travaux de recherche du Dr Bolton, à l'Université de Western Ontario, à London, ne sont peut-être pas aussi ambitieux que ceux du Dr Leblanc, mais ils font face aux

mêmes défis. Son laboratoire cherche à reconstituer le centre de réaction chlorophylle-protéine qui est le site de la transformation de la lumière en énergie chimique utilisable.

Comme il est difficile de reproduire des structures aussi complexes que les protéines, même avec les techniques de synthèse les plus modernes, Bolton et ses collègues ont choisi d'utiliser des systèmes plus simples qui remplissent des fonctions similaires. Mais laissons la parole à Bolton: "Vers la fin des années 70, lorsque nous avons lancé notre programme, notre objectif était de synthétiser une molécule qui jouerait le 'même rôle' que le centre de réaction protéique. Évidemment, les connaissances que nous avons déjà acquises sur ce complexe nous ont facilité la tâche. L'élément clé était sa propriété de contenir à la fois un groupe récepteur et un groupe donneur d'électrons. Nous savions que lorsque les photons captés par l'antenne sont absorbés par le don-

Le CRSNG mise sur la photosynthèse

Si les travaux sur la photosynthèse en cours à Trois-Rivières et à London devaient un jour rapporter gros — serait-ce dans un avenir lointain comme le pensent les Drs Leblanc et Bolton — ce sera grâce à l'appui éclairé d'un organisme gouvernemental qui reconnaît la valeur de ce type de recherche fondamentale motivée par la seule curiosité scientifique. Le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) finance, dans les laboratoires universitaires, des programmes de recherche comme ceux qu'ont entrepris Roger Leblanc et James Bolton. Au cours de l'année 1984-85, le CRSNG accordera à leurs deux laboratoires plus de 310 000 dollars pour couvrir les coûts d'exploitation et l'achat d'équipement supplémentaire. Près de la moitié de ce financement leur est accordée dans le cadre du programme de Subventions thématiques créé par le CRSNG pour encourager la recherche dans des domaines considérés de première importance pour l'avenir du pays. Il englobe notamment celui de l'énergie, et c'est sous cette rubrique que sont subventionnés les travaux des professeurs Bolton et Leblanc. Si jamais on parvient à tirer parti, dans la vie courante, des fonctions du centre de réaction protéique mis en évidence par James Bolton, et à maîtriser les autres processus qui entrent en jeu dans la photosynthèse, ce sera un grand jour non seulement pour la Science mais aussi pour l'industrie énergétique.

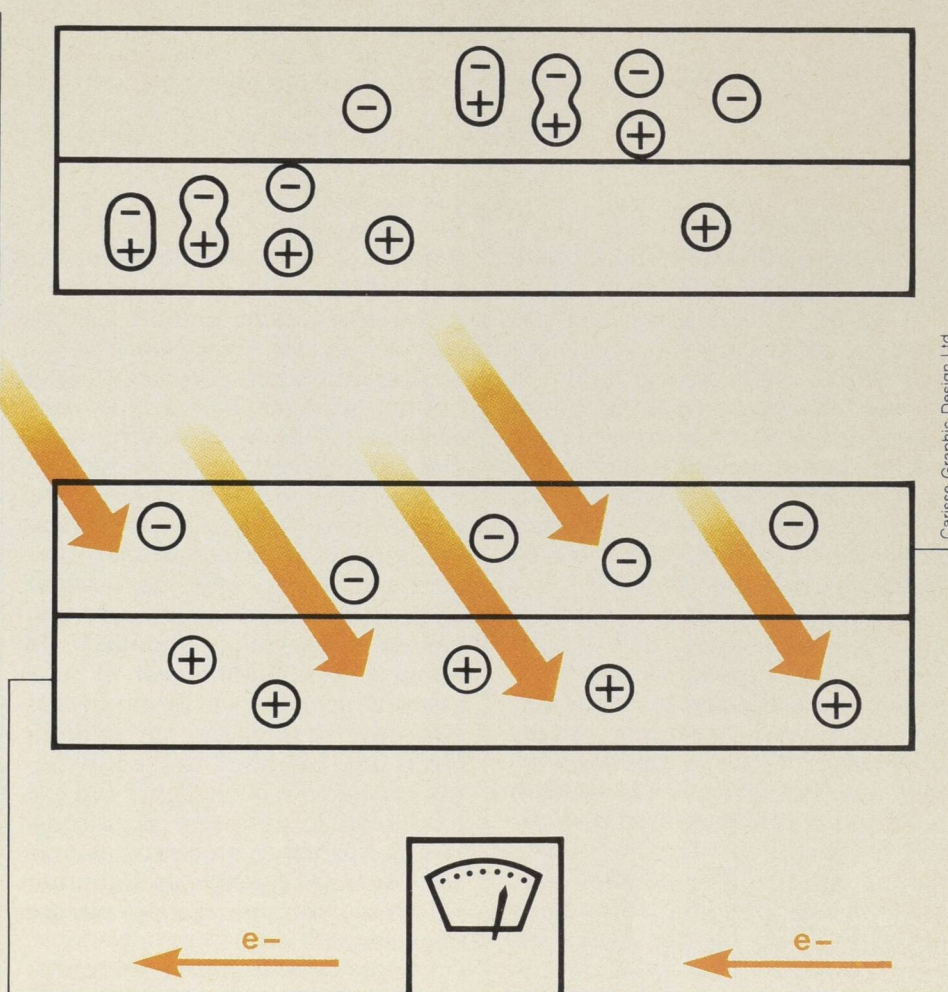
neur, qui est le 'noyau de porphyrine' de la chlorophylle *a*, celui-ci atteint un état d'excitation supérieur et perd un électron qui se déplace le long de la protéine jusqu'à un site récepteur inconnu, situé de l'autre côté de la molécule. On savait également que le photosystème II comprend un autre groupe de composés, appelés plastoquinones, qui font fonction de récepteurs d'électrons. Ce qu'il nous fallait trouver c'était le moyen de les lier entre eux et nous y sommes parvenus à l'aide d'une méthode de synthèse de notre conception."

Bolton pense rétrospectivement que c'est en partie au hasard qu'il doit d'avoir réussi à mettre au point ce procédé en sept étapes, mais il admet également que le hasard joue souvent un rôle important en science.

Pour montrer que le nouveau composé était capable d'assurer le transfert d'un électron de la porphyrine à la quinone, Bolton et ses collègues, le Dr Te-Fu Ho (qui a réalisé la synthèse) et le Dr Alan McIntosh, ont fait appel à la résonance paramagnétique électronique (RPÉ). Cette technique permet en fait de déceler la présence de 'radicaux libres', substances affectées d'un électron non apparié et qui, de ce fait, sont d'une très grande réactivité chimique. Le professeur Bolton explique que lorsque le noyau de porphyrine perd un électron, sa charge devient positive et il se transforme en radical libre. Parallèlement, le noyau de quinone qui reçoit l'électron se trouve affecté d'une charge négative et devient également un radical libre.

Mais écoutons plutôt Bolton: "La porphyrine ayant perdu un électron et la quinone en ayant gagné un se trouvent toutes deux affectées d'un nombre impair d'électrons et ceci crée ce que l'on appelle un biradical. Dans l'obscurité, l'analyse par résonance paramagnétique électronique de cette structure ne révèle aucun signal, mais à la lumière, un signal très intense peut être enregistré. Ceci prouve que les photons induisent la formation du biradical tout comme dans le centre de réaction protéique de la plante."

Au cours des cinq dernières années, notre chercheur et ses collègues se sont attachés à l'étude du processus de transfert électronique



Les cellules photovoltaïques utilisent le même phénomène de séparation des charges que la photosynthèse. Elles sont constituées de deux couches de silicium reliées entre elles comme on le voit ici et traitées ou 'dopées' de telle sorte qu'il existe une affinité entre la couche supérieure et les charges négatives et entre la couche inférieure et les charges positives. Lorsqu'elles sont exposées à la lumière, l'énergie des photons provoque une accumulation d'électrons dans la couche supérieure aux dépens de la couche inférieure. Si on les relie à des fils électriques on obtient un flux d'électrons ou courant électrique qui peut être exploité. Nous utilisons cette énergie pour faire tourner les moteurs électriques; les plantes l'utilisent pour produire l'énergie chimique qui alimente la vie.

dans le composé synthétique, et comme le professeur Leblanc et son équipe, ils portent un intérêt tout particulier à la fluorescence. "Lorsqu'un photon est absorbé par le noyau de porphyrine, explique-t-il, il soumet un électron à un état d'excitation supérieur; cet électron peut soit traverser la molécule pour se rendre au noyau de quinone, soit regagner son état fondamental en libérant l'énergie reçue sous forme de lumière. Ce dernier phénomène, qui est le phénomène de fluorescence, est en compétition avec le transfert électronique et, en mesurant ce que l'on appelle sa 'durée de vie', nous pouvons déterminer l'efficacité du transfert électronique au sein de la molécule."

L'approche adoptée par Bolton et ses collègues, le professeur Alan Weedon (directeur du programme de synthèse) et le professeur Martin Stillman (responsable de l'analyse spectroscopique des molécules synthétiques), consiste à essayer différentes variations du modèle du centre de réaction. Bien que cette approche soit très longue, puisque la réalisation des expériences relatives à chaque variation peut prendre près d'une année, les scientifiques ne se découragent pas. Ils modifient la distance entre le donneur et le récepteur, altèrent l'orientation des noyaux, renforcent les ponts pour les rendre plus rigides et ainsi de suite... tout cela dans l'espoir de mettre en évidence les éléments du

"Nous commençons à comprendre de quelle manière la matière vivante tire parti de la lumière solaire."

système qui influencent sa capacité de transfert électronique.

"C'est là l'un des problèmes que pose la photosynthèse. Nous ne savons pas encore ce qui facilite le transfert des électrons au niveau du centre de réaction protéique ni dans quelle mesure ce phénomène dépend de la longueur du parcours. Et, pour qu'il soit possible d'expliquer ce processus naturel, toutes ces lacunes doivent être comblées."

Le professeur Bolton fait remarquer que la molécule qu'il a synthétisée joue approximativement le même rôle que le centre de réaction protéique mais avec bien moins d'efficacité. "Chez les plantes, l'arrivée de presque chaque photon induit le transfert d'un électron à travers le centre de réaction; cependant, dans le cas de notre molécule, pour chaque centaine de photons reçus, seuls un ou deux électrons sont transférés. Mais nous devons déjà nous estimer heureux d'avoir un point de départ. Et, progressivement, nous essayons d'améliorer le rendement de notre molécule pour obtenir la même 'efficacité quantique' que celle de la matière végétale, c'est-à-dire près de 100%." Mais, la source du problème réside en fait dans la tendance de l'électron à regagner le noyau de porphyrine. Il faut donc piéger l'électron hors du

système, et ceci doit se faire très rapidement.

"Notons qu'une quantité d'énergie de 1,4 eV (électron-volt) est emmagasinée dans ce système moléculaire, reprend Bolton, par conséquent, si l'électron retourne à son état fondamental, cette énergie est perdue sous forme de chaleur. Or, les plantes ont acquis un mécanisme (le système de transport électronique) qui leur permet de dissiper cette énergie plus rapidement que par le phénomène spontané de retour à l'état fondamental, et nous essayons actuellement de modifier la structure synthétique de façon à créer des barrières qui empêcheraient l'électron de regagner son état fondamental. Peut-être réussirons-nous à ralentir ce processus de telle sorte qu'il soit possible de détourner l'électron par un circuit externe quelconque."

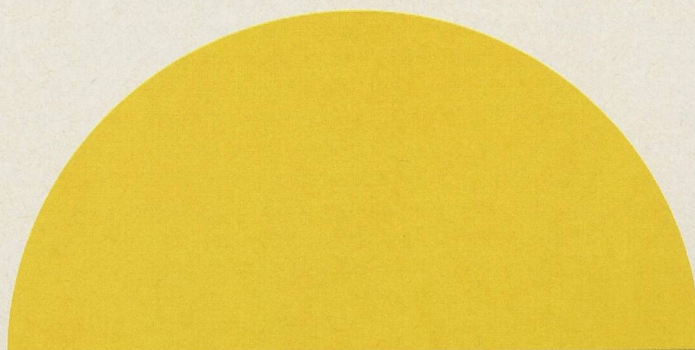
En fait, James Bolton et son équipe ont conçu une pile photovoltaïque mais sans les fils électriques qui permettraient l'utilisation de l'énergie captée. Il a prouvé que cette pile fonctionne, bien que son rendement ne soit que de 1 à 2% et, en collaboration avec ses collègues de London, il

essaie de relier cette molécule au milieu extérieur.

"Nous cherchons un moyen d'y attacher les fils électriques", explique Bolton.

Roger Leblanc se redresse dans son fauteuil et porte son regard sur le paysage hivernal, à l'extérieur. Le vent du nord emportant la neige en rafales sur les terrains plats de l'université détourne un instant son esprit des plantes vertes et des rayons de soleil. Les deux hommes conviennent qu'il faudra encore beaucoup de travail avant d'être en mesure de fournir une explication détaillée de la structure et de la fonction des systèmes qui entrent en jeu dans la photosynthèse. "James et moi-même, reprend le professeur Leblanc, désirons synthétiser des modèles moléculaires capables de réagir à la lumière de la même façon que la membrane du thylakoïde des chloroplastes. Le degré de similarité 'spectroscopique' que l'on aura obtenu entre le modèle synthétique et le système réel au sein des chloroplastes nous donnera la mesure du succès de notre entreprise. La nature est très secrète dans ce domaine, mais nous commençons graduellement à expliquer les phénomènes qui sous-tendent l'utilisation de la lumière solaire par la matière vivante." ☾

Adaptation française: Annie Hlavats



SUZUKI

Les universitaires face à l'argent



Déjà, à l'époque où j'étais professeur d'université en 1962, le débat sur la nécessité de créer des liens plus étroits entre le milieu de la recherche universitaire fondamentale et l'industrie battait son plein. Les personnes qui se livrent à la recherche sont motivées par leur propre curiosité et par le désir de découvrir les principes fondamentaux qui régissent l'univers. Le monde de la finance est habituellement étranger au professeur d'université, alors que l'apparente lenteur et le jargon des universitaires laissent perplexes la plupart des gens d'affaires. Ainsi, pendant des dizaines d'années, nous avons remanié (sans trop de succès) les structures gouvernementales et universitaires dans l'espoir de susciter une communication entre ces deux mondes.

La situation a toutefois évolué énormément au cours des dix dernières années. Au Canada, nous avons pris conscience, avec un peu de retard il est vrai, que nous n'étions que des importateurs de technologies pour lesquelles nous payons chèrement par l'exportation de nos richesses naturelles. Soucieux de ne pas manquer le "virage technologique", les gouvernements ont élaboré des "stratégies industrielles", dont l'une consiste à encourager les échanges entre l'université et le monde des affaires. Au même moment, des travaux de recherche plutôt ésotériques dans le domaine de la génétique moléculaire fournissaient à l'industrie des outils puissants leur permettant de fabriquer, au moyen de recombinaisons génétiques, des organismes potentiellement utiles: bactéries qui digèrent les déchets toxiques, plantes qui fixent l'azote de l'air, animaux de boucherie à croissance rapide, etc. Les applications immédiates de ces travaux de recherche fondamentale ont fait le bonheur de l'industrie, du gouvernement et des universités. Ils y ont vu, avec raison, une affaire en or. Mais, au Canada, nous ne nous sommes guère interrogés jusqu'ici sur les conséquences, à long terme, d'une collaboration étroite entre le milieu des affaires et les universités. Une université est, à mes yeux, un lieu très spécial et nous devons, pour cette raison, faire preuve d'une vigilance extrême à l'égard de tout ce qui pourrait menacer son intégrité.

L'université a une importance *symbolique*. À travers elle, la société reconnaît que le savoir est le fondement de la civilisation; par elle, elle apporte sa propre

contribution à l'édification de ce savoir. Pourtant, les rêveurs, les penseurs, les chercheurs qui explorent de nouvelles idées et repoussent les limites de la pensée humaine sont souvent perçus comme une menace à l'ordre établi. Ce n'est pas un hasard si un grand nombre de révolutions et de mouvements pour le changement social ont pris naissance au sein des universités. Mais, pour explorer de nouvelles idées, les chercheurs universitaires doivent être à l'abri de la censure ou des interférences d'ordre politique. C'est la raison d'être du statut permanent auquel accèdent les chercheurs en leur qualité de professeur agrégé de faculté — les protéger des pressions indues. Trop de gens et les universitaires eux-mêmes ont tendance à l'oublier et à ne voir dans ce privilège que la sécurité d'emploi qui en découle.

Mon expérience personnelle comme animateur d'émissions télévisées m'a appris que les universitaires éprouvent une très grande réticence à se prononcer sur des questions très controversées sur lesquelles ils sont pourtant compétents. Il m'est difficile de justifier l'usage qu'ils font ainsi de leur statut privilégié — à plus forte raison lorsque je prends acte du courage d'universitaires vivant sous des régimes totalitaires qui prennent position malgré les très grands risques personnels qu'ils encourrent.

En principe, ce statut devrait leur permettre d'explorer de nouvelles idées, et de les partager avec leurs collègues et leurs étudiants. Ce partage est essentiel pour conserver à l'université son caractère bouillonnant et dynamique, et pour permettre aux étudiants de se familiariser avec les rudiments de l'argumentation

scientifique. Les universitaires contribuent également à accroître, par l'apport de découvertes et de nouvelles théories, la somme des connaissances humaines sur laquelle toute société s'édifie.

En tant qu'experts bien renseignés qui n'ont pas à servir les intérêts d'aucun groupe particulier, les universitaires ont, à mon avis, le *devoir* de prendre position sur des questions intéressant la société dans des domaines où leurs compétences les y autorisent. Par le passé, des biologistes moléculaires et des microbiologistes ont fortement critiqué certaines entreprises du secteur de l'industrie chimique et pharmaceutique peu soucieuses des conséquences funestes de leurs activités. Aujourd'hui, ces mêmes entreprises, désireuses d'exploiter les promesses du génie génétique, investissent de grosses sommes dans la recherche universitaire. Il n'est donc pas surprenant de constater que les voix qui les critiquaient hier, mais qui leur doivent maintenant leur subsistance, se soient tues.

Il y a quelques années, nous tournions un film sur les sables bitumineux de l'Alberta. À cette époque, la société Syncrude rejetait dans l'environnement environ 50 tonnes d'anhydride sulfureux par jour — de quoi produire beaucoup de pluies acides — et on prévoyait que dix autres usines aussi grosses ou même plus grosses allaient être implantées dans la région. Nous avons donc cherché à interviewer un écologiste pour commenter les conséquences environnementales d'aussi grandes quantités d'anhydride sulfureux dans l'atmosphère. Nous n'en avons trouvé aucun à l'Université de l'Alberta ni à celle de Calgary — tous les écologistes compétents dans ce domaine avaient reçu de l'industrie pétrochimique des contrats qu'ils craignaient de mettre en péril en acceptant de parler devant la caméra. Mais alors, qu'était-il advenu de leur statut de chercheur universitaire inamovible?

Les dangers potentiels de cette hâte à exploiter les nouvelles idées développées au sein de l'université conjointement avec des entreprises privées ont été mis en lumière par une expérience récente à l'Université McGill. Un rapport remis au conseil d'administration de cette université en mars 1984 expose les problèmes qu'a entraînés la découverte, par deux microbiologistes de l'université, d'un composé microbien qui peut se lier avec les

Suite à la page 34

Capsules

Suite de la page 7

Le procédé d'« oléo-agglomération » mis au point par le CNRC permet de récupérer 95% des fines de charbon contenues dans la boue avant que celle-ci ne soit déversée dans le bassin. De petites quantités d'huile sont ajoutées à la boue, laquelle est ensuite agitée à très grande vitesse pour que l'huile forme des gouttelettes. Ces gouttelettes « mouillent » les fines de charbon par capillarité, provoquant leur agglomération. Le principe est le même que celui qui fait adhérer un verre d'eau froide à une surface lisse par une chaude journée d'été.

Les solides autres que le charbon ont des propriétés superficielles dif-

férentes et ne sont pas mouillés par l'huile; ils demeurent en suspension dans l'eau. Un crible permet de séparer les agglomérats de charbon et d'huile des impuretés présentes dans la boue.

Ce procédé présente plusieurs avantages. Lorsque les fines récupérées sont utilisées comme combustible, toute la valeur calorifique de l'huile — qui constitue le principal coût du procédé — est conservée. L'huile utilisée n'a même pas besoin d'être de bonne qualité. Le mazout, les fuels lourds et même les huiles usées recyclées feront très bien l'affaire.

Barry Estabrook est un rédacteur indépendant d'Ottawa.

Fissures fatales

Près de 100 accidents d'avion par année dans le monde sont dus, entièrement ou partiellement, à la fatigue du métal. À l'Établissement aéronautique national (ÉAN) du CNRC, des ingénieurs se penchent sur ce problème pour tenter d'y apporter des solutions.

D'après Dave Simpson, chef du groupe de l'ÉAN qui étudie la fatigue du métal, les coups de vent et les manoeuvres de l'appareil soumettent les pièces métalliques à des contraintes. Bien qu'elles soient conçues pour résister à un certain niveau maximal d'efforts sans se rompre, à la longue, lorsqu'elles sont soumises à des contraintes inférieures au niveau maximal calculé, ces pièces peuvent se fissurer et entraîner une défaillance structurelle pouvant se solder par un accident.

ratoire est assez spacieux pour y faire entrer un Tracker des Forces canadiennes et l'y soumettre à toute une batterie d'essais d'endurance commandés par ordinateur, conçus pour simuler les contraintes auxquelles l'appareil est soumis en vol, et qui se terminent habituellement par la destruction de la cellule de l'appareil. En contrepartie, ces essais permettent de recueillir suffisamment de données pour l'établissement de nouvelles normes de sécurité à l'intention de l'industrie aéronautique et prolonger la durée de vie utile d'autres appareils. Ainsi, les résultats des essais effectués sur le Tracker indiquent que sa durée de vie sera de 20 000 heures, c'est-à-dire quatre fois plus longue que celle de 5 000 heures prévue à l'origine.

En outre, les essais à l'échelle réelle permettent également aux ingénieurs de l'aéronautique d'évaluer de nouvelles méthodes d'essai. Dans le cadre du programme Tracker, par exemple, ils ont utilisé le bruit du métal en train de se fissurer comme indicateur de dommages.

Anne McIlroy est une journaliste indépendante d'Ottawa.

Dessins par John Bianchi

SUZUKI



Suite de la page 33

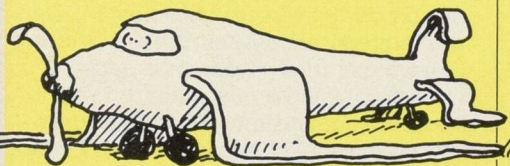
résidus métalliques de déchets toxiques, et nous en débarrasser. C'était une découverte extrêmement intéressante. Mais dans leur hâte à l'exploiter — et en l'absence de directives ou de règles précises — les deux professeurs ont, semble-t-il, brusqué les choses et employé à mauvais escient les fonds qui avaient été mis à leur disposition.

Les universités pourraient éviter des conduites aussi discutables en s'attaquant sérieusement à ces questions. Je m'inquiète de l'effet dévastateur, sur la communauté universitaire, de l'anticipation de larges profits. Des techniciens et des étudiants de McGill avaient investi dans l'entreprise, des rumeurs circulaient, les gens devenaient méfiants et les commérages allaient bon train. Au moment où la presse a commencé à s'intéresser à l'affaire, certains furent accusés de divulguer des informations confidentielles, et se défendirent en accusant d'autres collègues.

Les chercheurs universitaires sont des êtres humains comme nous tous. Une faculté universitaire est le théâtre de passions, d'intrigues, d'ambitions et de jalousies qui n'ont rien à envier aux feuilletons télévisés! Mais nos universités aspirent à un idéal — l'échange libre et ouvert des idées — qui transcende de telles faiblesses personnelles. Les entreprises privées qui font miroiter des profits et imposent la consigne du secret au milieu universitaire exercent une pression indue sur cette institution fragile. On peut également s'interroger sur la moralité d'utiliser des fonds, des installations et des équipements publics pour servir les intérêts de personnes ou d'entreprises privées.

Je crois que nous pouvons éviter ces embûches. Mais nous devons avant tout veiller à ce que l'accessibilité, le libre échange et la diffusion des idées, tant au sein des institutions universitaires que de la société dans son ensemble, soient préservés. Le mariage de l'université avec l'entreprise privée risque de compromettre cet idéal. Nous ne devons nous engager dans cette voie qu'avec prudence. ☾

Adaptation française: Line Bastrash



Pour lutter contre la fatigue du métal, les ingénieurs de l'ÉAN recourent notamment à des essais sur des aéronefs grandeur réelle. Leur labo-

INDEX 1984

Acier

À deux pas de l'enfer. La recherche dans les aciéries. 16(4): 21-26.

Agriculture

Le Dr Kartha et le manioc. La science au service du Tiers-Monde. 16(3): 23-28.

Analyse spectroscopique de la résonance magnétique nucléaire (RMN)

La RMN. Une technique nouvelle pour l'exploration du métabolisme. 16(2): 25-30.

Astronomie

Lumière sur les taches solaires. Des cartes solaires révélatrices. 16(2): 31-33.

La radioastronomie. Au-delà du visible. 16(3): 10-22.

Des yeux pour voir.

L'astronomie terrestre au CNRC. 16(1): 6-17.

Biologie

Le Dr Kartha et le manioc. La science au service du Tiers-Monde. 16(3): 23-28.

Micromycologie. Les pièges des champignons tueurs. 16(3): 29-31.

Regard neuf sur l'obésité.

Un dérèglement du métabolisme? 16(4): 14-19.

Biomasse

Pour mettre un arbre dans votre moteur. 16(4): 27-32.

Biophysique

Regard neuf sur l'obésité. Un dérèglement du métabolisme? 16(4): 14-19.

Biotechnologie

Une planète à conquérir. 16(6): 22.

Bruit

Les rythmes du sommeil. Rêver malgré le bruit. 16(1): 27-29.

Cancer

La mesure du mérite. Ceux dont les idées comptent le plus. 16(5): 7-19.

Chimie

De l'énergie surgelée. Les hydrates de méthane. 16(5): 30-34.

Pour mettre un arbre dans votre moteur. 16(4): 27-32.

Un remède à l'usure. Des joints en poudre. 16(1): 23-26.

À deux pas de l'enfer. La recherche dans les aciéries. 16(4): 21-26.

Scruter la pluie. Comment elle s'acidifie dans l'atmosphère. 16(2): 17-24.

"Citation Index"

La mesure du mérite. Ceux dont les idées comptent le plus. 16(5): 7-19.

Cryopréservation

Le Dr Kartha et le manioc. La science au service du Tiers-Monde. 16(3): 23-28.

Énergie

De l'énergie surgelée. Les hydrates de méthane. 16(5): 30-34.

Pour mettre un arbre dans votre moteur. 16(4): 27-32.

Entrevues

Bill McGowan: nouveau directeur du Musée national des sciences et de la technologie. 16(3): 2, 34, 35.

Dale Russell. Où allons-nous? 16(6): 2, 20, 21.

Gerhard Herzberg. Réflexions d'un prix Nobel. 16(1): 2, 31.

Pierre Dansereau. Écologiste de la première heure. 16(4): 2, 34, 35.

Tuzo Wilson. Educateur par excellence. 16(5): 2, 35.

Ursula Franklin. Regard sur le travail des artisans de l'antiquité. 16(2): 2, 35.

Environnement

Scruter la pluie. Comment elle s'acidifie dans l'atmosphère. 16(2): 17-24.

Industrie

La modélisation des vagues. Pour prévenir les désastres maritimes. 16(1): 18-22.

Un remède à l'usure. Des joints en poudre. 16(1): 23-26.

Machines pensantes. 16(5): 21-28.

À deux pas de l'enfer. La recherche dans les aciéries. 16(4): 21-26.

Joints ablatifs pour les turboréacteurs

Un remède à l'usure. Des joints en poudre. 16(1): 23-26.

Mémoire d'ordinateur

Machines pensantes. 16(5): 21-28.

Métallurgie

À deux pas de l'enfer. La recherche dans les aciéries. 16(4): 21-26.

Nématodes

Micromycologie. Les pièges des champignons tueurs. 16(3): 29-31.

Obésité

Regard neuf sur l'obésité. Un dérèglement du métabolisme? 16(4): 14-19.

Océans

La modélisation des vagues océaniques. Pour prévenir les désastres maritimes. 16(1): 18-22.

Les retombées du naufrage de l'Océan Ranger. 16(6): 8-19.

Pergélisol

L'épopée du pergélisol. Pionniers de la recherche sur le pergélisol au Canada. 16(2): 8-16.

Photosynthèse

Des photons à notre pain quotidien. La recherche en photosynthèse dans deux universités canadiennes. 16(6): 23-32.

Physique

Le Centre de rayonnement synchrotron du Canada. Un piège pour la lumière de l'électron. 16(4): 10-13.

Pluies acides

Scruter la pluie. Comment elle s'acidifie dans l'atmosphère. 16(2): 17-24.

Quasars

Des yeux pour voir. L'astronomie terrestre au CNRC. 16(1): 6-17.

Sommeil

Les rythmes du sommeil. Rêver malgré le bruit. 16(1): 27-29.

Suzuki

Faire confiance au Canada. 16(5): 29.

L'armement nucléaire. 16(3): 33.

La science et la mort.

Violer la dignité même. 16(4): 33.

Les universitaires face à l'argent. 16(6): 33, 34.

Quand la science fait la une des journaux à sensation. 16(1): 30.

Trop de bruits parasites brouillent les signaux. 16(2): 34.

Taches solaires

Lumière sur les taches solaires. Des cartes solaires révélatrices. 16(2): 31-33.

Des yeux pour voir. L'astronomie terrestre au CNRC. 16(1): 6-17.

Synchrotron

Le Centre de rayonnement synchrotron du Canada. Un piège pour la lumière de l'électron. 16(4): 10-13.

Télescopes

La radioastronomie. Au-delà du visible. 16(3): 10-22.

Des yeux pour voir. L'astronomie terrestre au CNRC. 16(1): 6-17.

Trous noirs

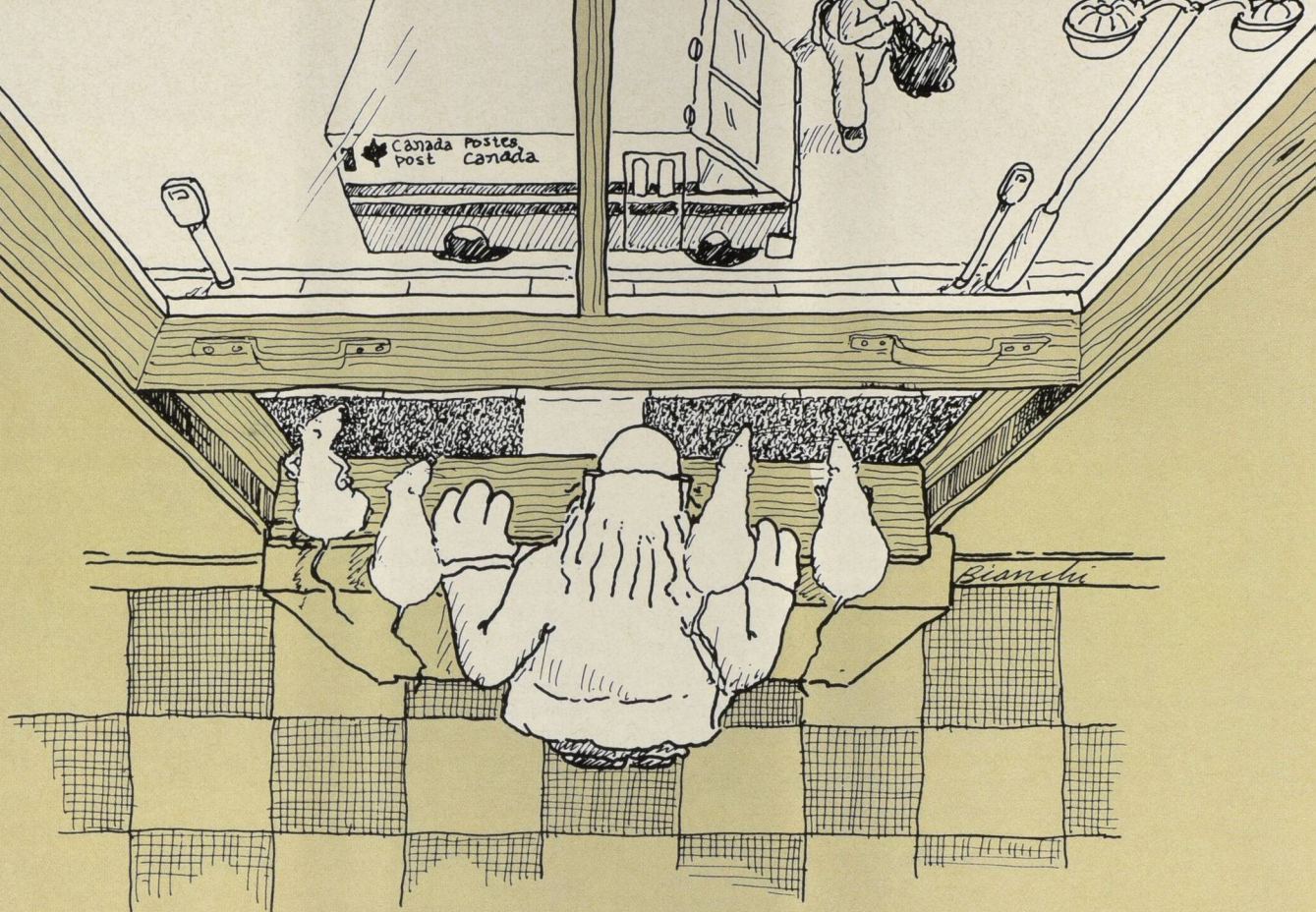
Des yeux pour voir. L'astronomie terrestre au CNRC. 16(1): 6-17.

Turboréacteurs

Un remède à l'usure. Des joints en poudre. 16(1): 23-26.

Vagues

La modélisation des vagues océaniques. Pour prévenir les désastres maritimes. 16(1): 18-22.



Vous avez quelque chose à nous dire!

Nous savons que vous êtes là. Vous faites partie des dizaines de milliers de lecteurs et lectrices qui lisent DIMENSION SCIENCE.

Et vous avez quelque chose à nous dire. Pourquoi ne pas nous l'écrire?

Nous écrire... Pour nous dire ce que vous pensez en bien (ou en mal) de notre revue, de sa présentation, de son contenu. Pour nous faire connaître vos idées, vos suggestions. C'est ainsi, et seulement ainsi, que LA revue canadienne de la Science deviendra véritablement **Votre** revue.

Alors écrivez-nous. Cela ne prendra que quelques minutes de votre temps et un timbre-poste. Non seulement nous vous répondrons mais, avec un peu de chance, nous vous publierons!

Et laissez parler votre cœur.

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

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

