

# SCIENCE DIMENSION

VOLUME 15, NO. 4, 1983

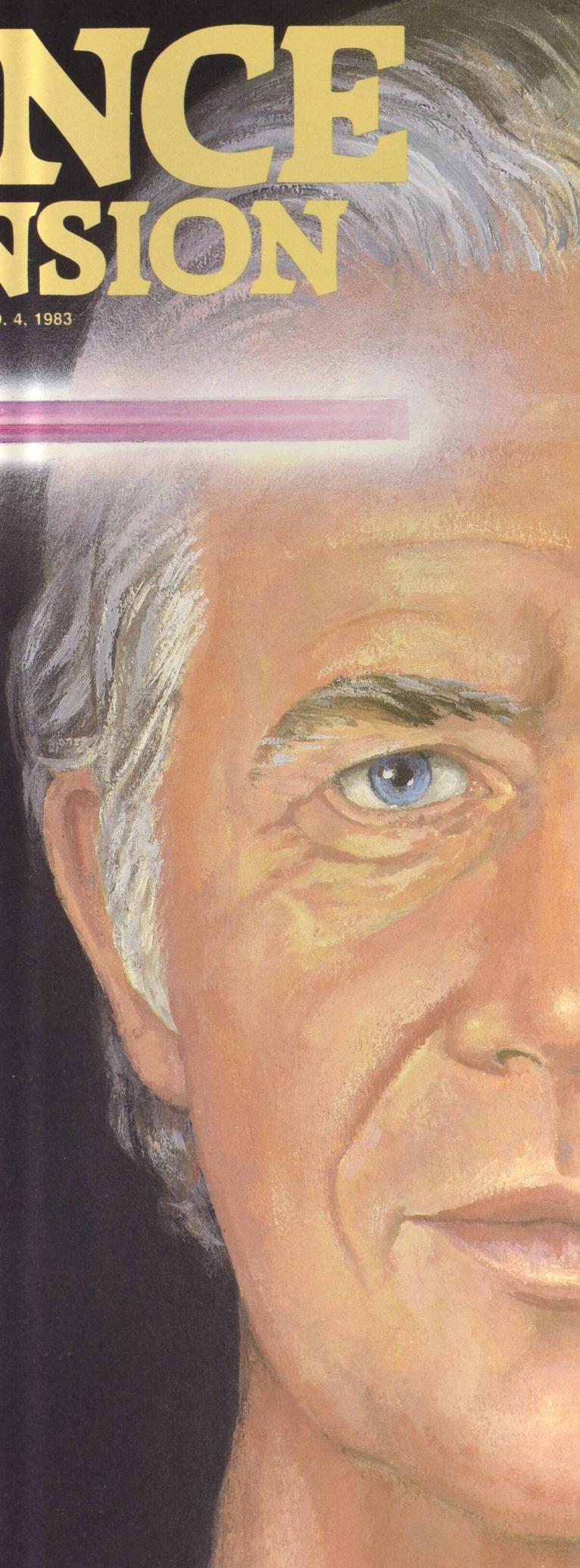
**PIONS  
AGAINST  
CANCER**

**PLASTICS  
FATIGUE**

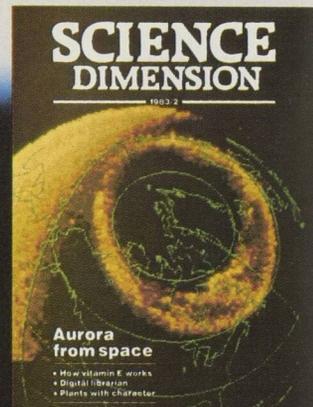
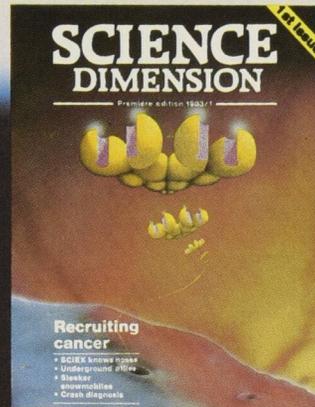
**NEW HEART  
THERAPY**

**INDUSTRIAL  
ANTIBIOTICS**

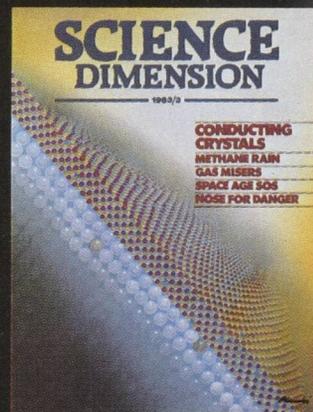
**INSTALLING  
STEREOS**



**GRAB A  
FREE YEAR  
OF  
SCIENCE  
DIMENSION**



Send in the  
reply card on  
the inside  
back cover and  
get six free issues  
of the best  
and newest in  
Canadian research.





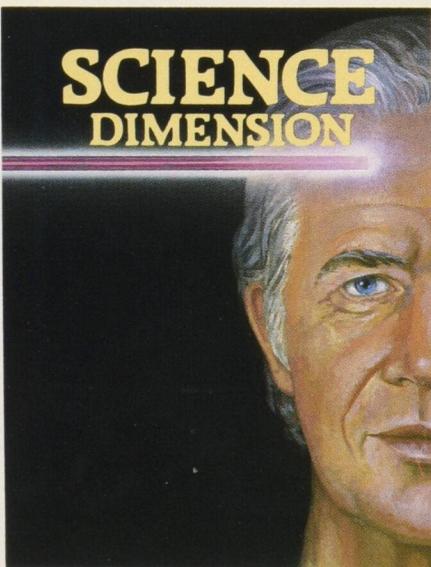
# SCIENCE DIMENSION

VOLUME 15, NO. 3, 1983

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

31159-2-1019

<b>Capsules</b>	4
<b>Voice of Steel</b>	8
<b>Pions Against Cancer</b> New tumour therapy at U.B.C.	12
<b>The Eggs Have It</b> Industrial antibiotic	17
<b>The Battle Against Plastics Fatigue</b> Improving a priceless polymer	20
<b>Sounding the Heart</b> A new acoustic therapy	23
<b>Tune Your Room</b>	28



**Cover**  
*TRIUMF, a giant cyclotron in Vancouver supported by NRC, is now producing a different kind of radiation for use against cancer. Scientists at the facility hope that a beam of tiny subnuclear particles, called pions, will deliver more cancer-killing energy to deep tumour sites than conventional irradiation can. Rendering by Aili Kurtis. See story p. 12.*

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

# Capsules

## Enterprise Visits Canada

A quartette of Canadian cities watched NASA's prototype space shuttle *Enterprise* describe lazy circles this June as it returned home from the Paris air show. Mounted on top of its specially designed Boeing 747 transporter, the first reusable spacecraft overflew Quebec City, Montreal, and Toronto, spending two days at Ottawa's Uplands International Airport as part of an aerial goodwill tour. At the nation's capital, upwards of 300 000 people took advantage of the once-in-a-lifetime opportunity to view the unlikely combination of aircraft and spacecraft before it returned once more to the United States.

The space shuttle *Enterprise* lays claim to being one of the world's great drones, having been many years in concept and construction, but never having achieved powered flight. Landing a returning space craft "deadstick" — without power — was a bold innovation when first proposed early in the 1950's. Although the engineers and aerodynamicists wore out their sliderules proving the concept's feasibility, the real proof rested with a test flight. *Enterprise's* role was the proof of their idea.



Space shuttles, verging on the size and weight of a medium commercial jetliner, do not encourage hang glider flying methods. Yet in effect, that is just what the *Enterprise* accomplished in 1977, when it detached from the 747 transporter and returned safely to the sands of Edwards Air Force Base in Southern California. In the course of the test series, the 37-m, 68 000-kg vehicle made five successful powerless flights to pave

the way for her orbiting sisters. Since the glide flights, the shuttles *Columbia* and *Challenger* have both achieved orbit and returned successfully. On four of these flights, the NRC-SPAR Aerospace CANADARM has been carried into space to flex its muscles.

The flight last June 1983, was the first time that CANADARM placed an object in space and subsequently retrieved it.



## The Bubble Test

Astronomers at NRC are investigating an unusual phenomenon in the Milky Way — magnetic "bubbles." Since the 1950's, when scientists deduced the presence of a magnetic field in our Galaxy, many attempts have been made to portray its structure. An early model postulated that the field lines follow the spiral arms of stars that make up the Milky Way. More recently, another model proposed that the Galactic field is an expanded version of the sun's magnetic sheath — a sphere distorted by rotation. Jacques Vallée, of the Herzberg Institute of Astrophysics, warns against premature

acceptance of any model until more observations are completed. His studies of magnetic anomalies caused by certain star groupings are helping to devise a more accurate picture of the Galactic field.

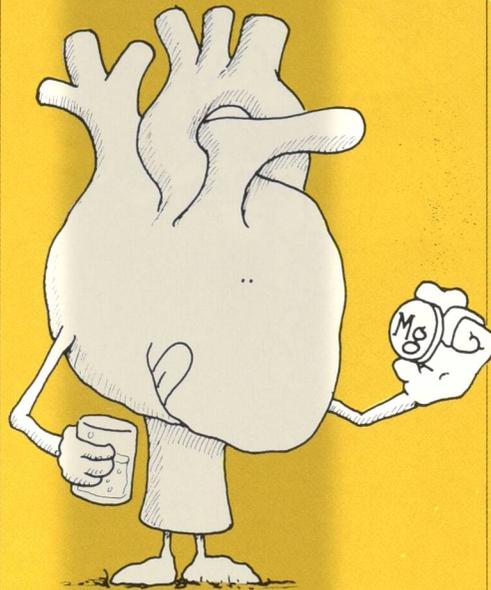
Using the Algonquin Park Radio Telescope, he has been making detailed studies of our "home" arm of the Galaxy — the Orion Arm. Scattered there, within 1500 light years of our sun, he and his colleagues have detected the presence of "bubbles" in the magnetic field lines. These distortions are caused by the pressure of gas and dust particles given off by the stellar winds of hot stars and by giant stars which have exploded in supernovae. Stellar winds and supernovae, the most violent of stellar events, produce enough energy to push like a snowplow against the surrounding material. The snowplowed gas and the field lines form a "bubble" in an otherwise regular structure. Mapping the curves of the bubbles and comparing them with the probable general structure can test proposed models against the data. To date, Vallée and his colleagues have located four of the distortions in the Orion Arm and are seeking others in the adjacent arms.

### For your heart's sake

Whether they are aware of it or not, Newfoundland residents share a problem with people living in Japan and Finland. They are prone to hypertension, and hence, to heart disease. The shared cause is the high sodium (Na) intake in their diets (chiefly through heavily salted foods, like salted fish or soya sauce) and the low magnesium (Mg) levels in their drinking water.

In a recent paper, John Marier, of NRC's Environmental Secretariat, summarized the effects on the heart of magnesium levels in drinking water. In two studies conducted in the United States, coronary death rates were lower in cities with higher than average magnesium levels in the water.

Why should waterborne magnesium be so important? The answer may be found in the changing diet in North America and in other developed countries. Doctors have known



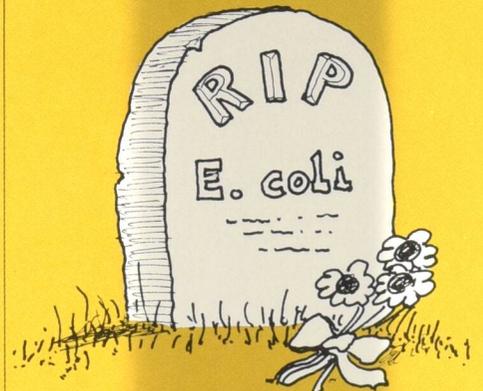
for some time that a certain intake level of magnesium is necessary for healthy heart tissue. Apparently, the traditional source of the element has been from bulk cereals, but we have increasingly turned to more processed versions of these foods, like polished rice, refined sugars and flours, and other non-cereal starch sources low in magnesium. It has now reached the point where in much of the modern world dietary magnesium intake ranges from minimal adequacy down to 50 per cent of the recommended intake. (Sugar refined from cane to the granulated form loses more than 99.9 per cent of its Mg; polishing rice removes 83.3 per cent; bleached flour has lost 96 per cent.) Higher levels of magnesium in the drinking water, then, compensates for the widespread deficiency.

The problems resulting from Mg deficiency are compounded when sodium or calcium intake levels are high, as they are in Newfoundland, Japan, and Finland. The healthy heart needs a balance of Mg and these other elements. In studies of various regions of the world, coronary death rate has been directly correlated with the dietary ratio of calcium to magnesium (Ca:Mg), i.e., too much Ca or too little Mg causes heart disease.

Marier's paper concludes with a strong recommendation for dietary magnesium supplements to reduce the Na:Mg ratio in areas like Newfoundland, Japan, and Finland. A simple solution indeed.

### Insulin Overdose

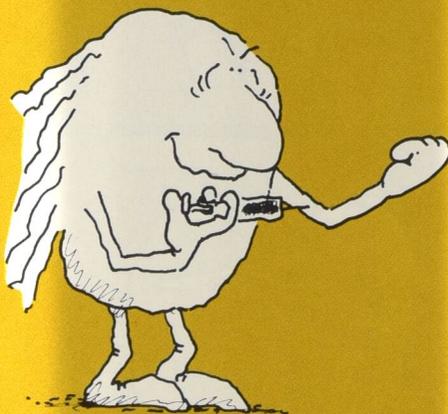
If genetic engineers share any common dream, it is to create a microorganism that pours everything into carrying out the gene instructions they introduce by the new recombinant DNA techniques. Inducing microorganisms to 'express' valuable inserted genes, or to 'promote' them as scientists would say, has been a problem, particularly with higher organisms like yeasts. Now, researchers at NRC's Division of Biological Sciences appear to have come up with just such a blindly obedient bug. The microorganism, *E. coli*, which has had the gene for the human hormone insulin spliced into its genetic material, synthesizes so much of the protein that it quite literally commits suicide by drowning in the foreign substance. Electron micrographs of the bacteria show widespread darkened areas within the cell bodies that correspond to the hormone. These cells are much larger than normal bacteria, and, according to Dr. Ross Colvin, an expert in interpreting such pictures, they look unhealthy, and seem incapable of reproducing themselves. The dar-



kened regions indicate a mass of material that is insoluble in the cellular fluids, he says, which correlates well with what the scientists know about their hormone gene. To guard against degradation of the insulin by bacterial defensive enzymes (remember that it is alien material), the gene for one of the bacterium's

own proteins has been grafted to the hormone gene, creating a larger, hybrid protein that is insoluble. The homegrown portion is sufficiently 'familiar' to the defence system that the hybrid is left alone.

But, according to chemist Dr. Saran Narang, who along with Cornell University's Dr. Ray Wu produced the modified bacterium, the secret to their success lies in the other genetic signals that accompany the insulin gene. After all, getting a bacterium to manufacture a foreign protein like insulin is a little more complicated than simply slipping the gene through the bug's outer wall and leaving it at that. Rather, the genes of value are first spliced into naturally occurring loops of bacterial DNA called plasmids (hence the term 'recombinant' or recombined DNA); these vehicles are then returned to the



**E. coli**

microorganism where the genes act as templates for producing proteins. For the bacterium's transcription machinery to recognize that a job has to be done, however, the gene must be accompanied by what is called a 'promoter' stretch of DNA. This region, usually located just in front of the gene, acts like a flashing light

when it is freed from molecules that control or 'mask' its shine; this alerts the transcriber system to the task at hand. The more urgent the flash — the stronger the promoter — the more protein is produced.

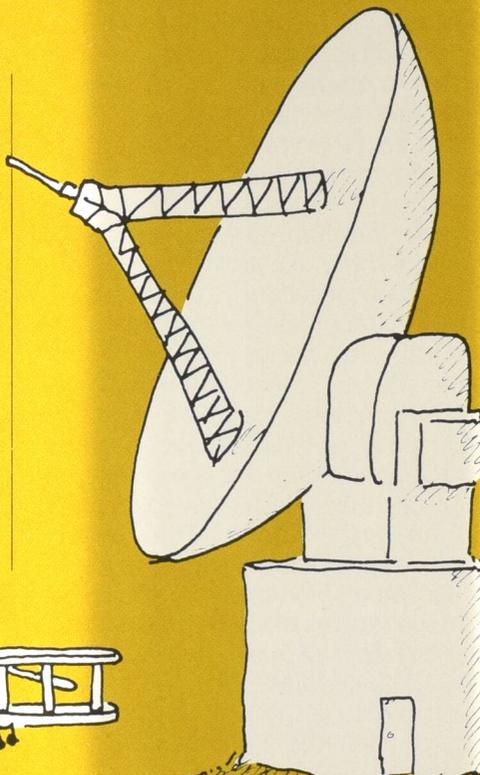
But, if the bug expends itself producing hormone for us, isn't this like killing the goose that lays the golden egg? Not if you keep a constant supply of 'seed' bacteria, explains Narang. These bacteria grow and multiply like normal *E. coli*, and only begin producing the hormone when the gene engineer removes the mask on the promoter. Thus, the modified bacterium is allowed a period of normal growth and reproduction before the fatal genetic command is given.

Dr. Narang adds that NRC also has modified other microorganisms, including a species of yeast, to produce insulin.

## Refinishing School

Radio astronomers who use the 46-m radiotelescope at NRC's Algonquin Radio Observatory have received good news — the approval of an engineering design study on resurfacing their parabolic dish.

What a radiotelescope can do depends on how accurate its geometry is. Soon after completion of the large Algonquin dish in 1966, engineers and technicians checked its surface with surveying instruments. This method, which actually verified many individual points rather than the whole surface, was the best of its day. Regions between the checkpoints, however, were not veri-



fied until last autumn, when NRC scientists used a new technique called satellite holography to derive landscape-like contour maps of the entire dish. These all-dish maps showed that certain regions were out of true by as much as 4 mm — by the antenna's standards, these were veritable mountain ranges.

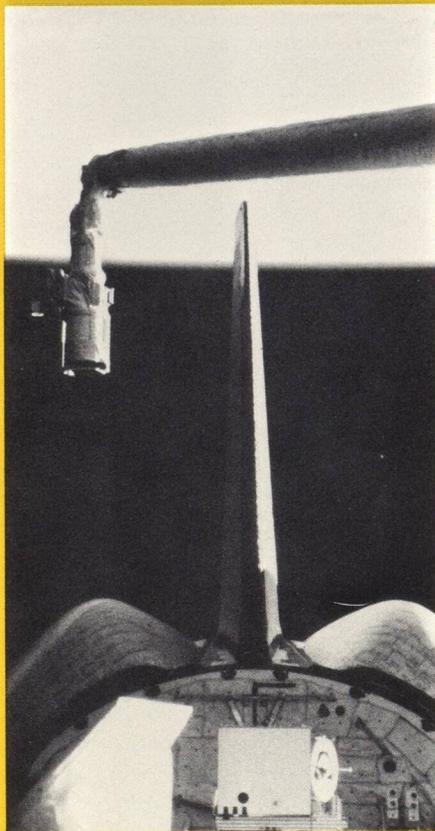
A resurfaced 46-m antenna could scan the sky at radio wavelengths ten times as small as those it was originally designed to receive — 3 mm instead of 3 cm. These are the wavelengths emitted or absorbed by small interstellar molecules, and such a capability would open up an exciting new field of radio astronomy.



## Outreach for Canadarm

Canadarm, the Canadian designed and built remote manipulator system on NASA's Space Shuttle, will generate a spin-off industry in robotics. The National Research Council and Diffracto Ltd., of Windsor, Ontario, have agreed to cooperatively develop a "real-time photogrammetry" system to be applied to handling parts and materials on Earth-bound conveyor belt assembly lines.

The technology is based on an NRC design concept for use in placing and retrieving cargo in space. By coupling the manual control of the arm with a computer aboard the Shuttle, the operator is provided with an indication of the payload's position even when he cannot observe it. The original prototype of the system was developed by NRC and Leigh Instru-



ments of Ottawa, and is expected to be used in future Shuttle missions. Through the agreement with Diffracto, the system is expected to find application on factory floors by allowing industrial robots to locate parts and grasp them for relocation or assembly.

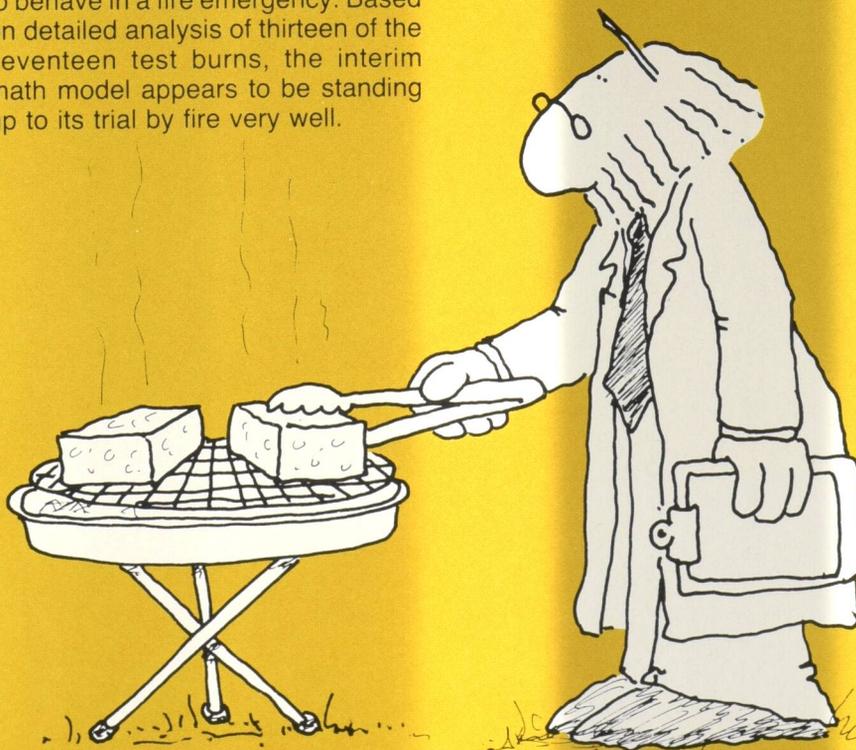
The agreement provides for an intensive market survey of conveyor manufacturers, automobile builders, makers of industrial robots, and the aerospace industry. Following this, and the development of a prototype in NRC laboratories, a plant installation will be constructed and applied to factory conditions. It is hoped the first working installation will be in the factory workplace by the end of 1985. Major European and North American automobile manufacturers have already shown interest in the system.

## The Heat's On

Researchers at NRC's new fire research facility at Almonte, Ontario, have just completed a series of tests with an unusual goal. Seventeen 'test burns' exposed two kinds of insulating brick to the intense heat of standardized fires. The real aim of this research, however, was not data on the brick itself, but on a new 'math model' that attempts to predict materials' thermal behaviour during a fire.

Scientists responsible for the new model say it is intended as a design tool for engineers and architects, rather than an aid to researchers. As a result, the model is much simpler than the involved mathematical descriptions of heat transfer typical within fire research. The ultimate aim of the current work is to make it easier for designers to discover in advance how various building configurations

and material combinations are likely to behave in a fire emergency. Based on detailed analysis of thirteen of the seventeen test burns, the interim math model appears to be standing up to its trial by fire very well.



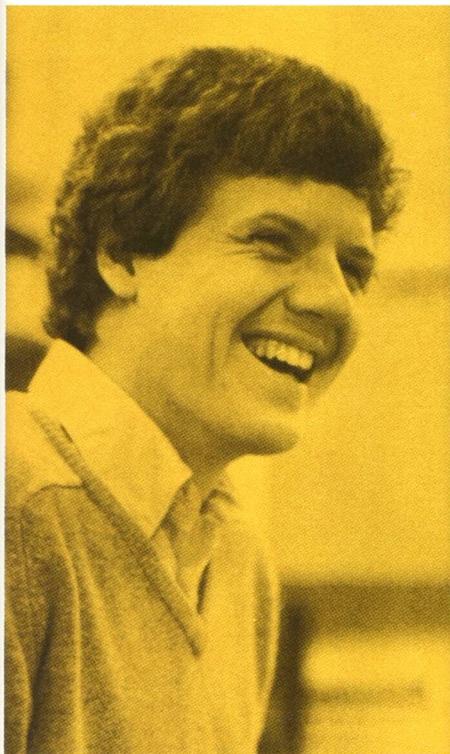
# Voice Of Steel

by

*Stephen A. Haines  
and Michel Brochu*

**H**ave you ever considered the idea that metal can communicate? And tell you how it feels inside? From ancient times metalworkers have been concerned about the internal condition of their product. But the obvious method — cutting it open and looking inside — isn't always practical or convenient. And it destroys the product. Modern technology, using X-rays or ultrasound, allows us a glimpse of the 'innards' of a piece of steel, but these are relatively expensive techniques, requiring complex equipment and analytic skills. A simpler method, in which the metal's inner conditions are registered on an electronic circuit, has been developed by a physicist working for NRC's Industrial Materials Research Institute in Montreal (IMRI), Mr. François Nadeau.

Nadeau's development came as a result of a situation encountered by the steelmaking firm Stelco Inc. in its production of what are known as "grinder balls." Canada's mining

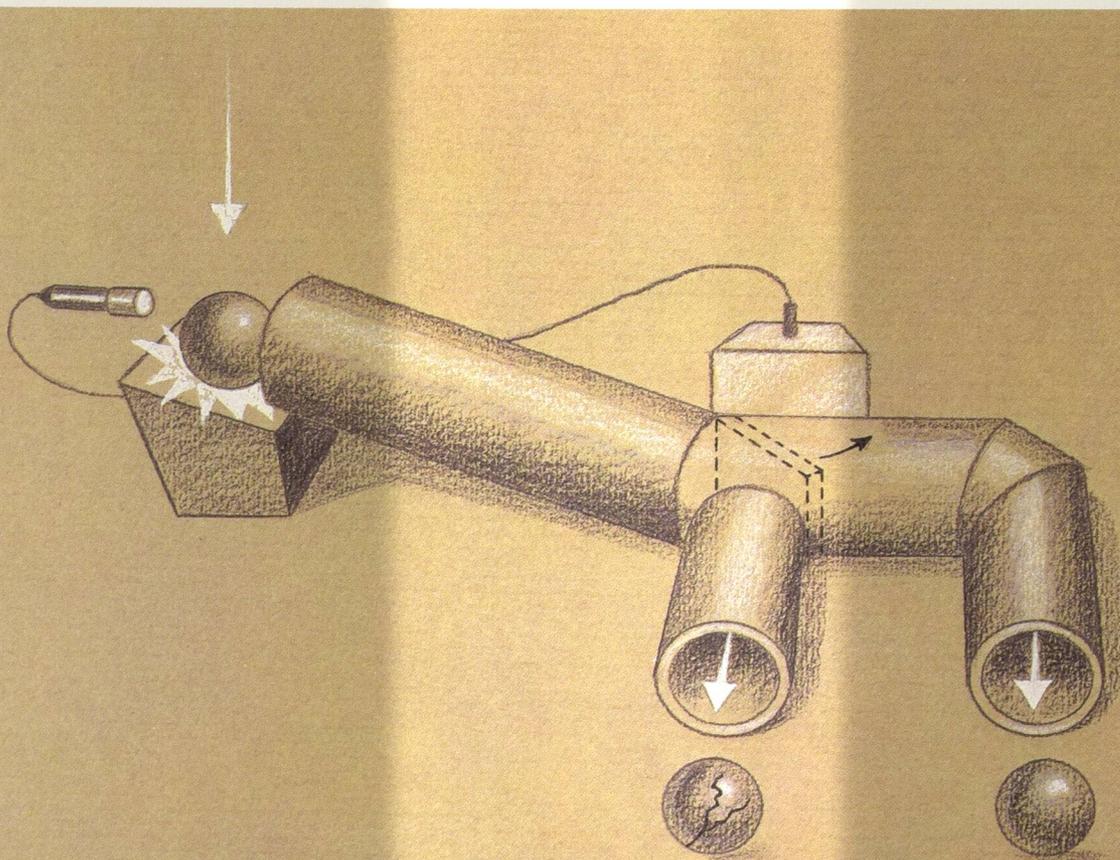


Louise Pelland

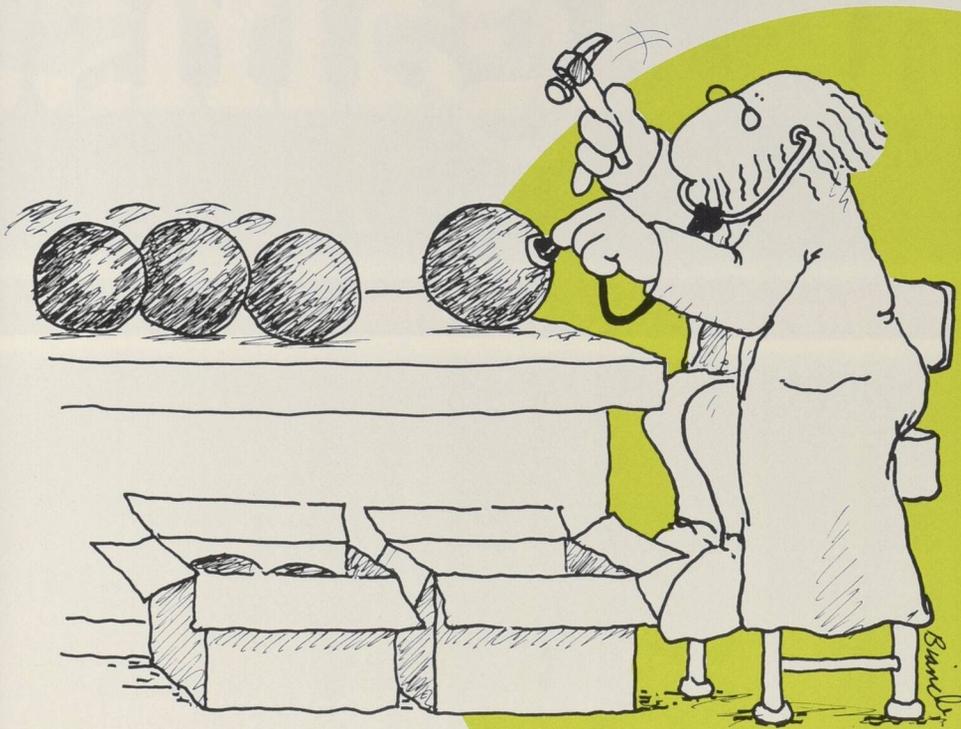
*François Nadeau in his laboratory at the Industrial Materials Research Institute near Montreal.*

industry uses millions of large, hardened steel balls yearly to crush ore, and Stelco's Edmonton plant is one of the country's major ball producers (about 25 per cent of total production). The problem for ore processors occurs when these balls, tumbling in with the rocky ore that turns in long cylindrical drums, are themselves broken up. The steel balls, ranging in size from 5 to 15 cm diameter, are under continuous bombardment in the drums, and any cracks or other imperfections in their manufacture can lead to fracturing. Too many fractured balls reduce the mill's efficiency, which means shutting the mill down and removing the ball fragments, an unpleasant, time-consuming job that raises production costs. What Stelco wanted from IMRI's Nadeau was a simple, economic means of sorting out defective grinder balls from their production line.

The quality control method used by the Edmonton plant when Nadeau began looking into the



*Comparison of the sound produced by an acceptable ball and by one under test allows the electronic sensor to quickly analyze a production run.*



problem involved a 'tumble test.' In the test, an inspector randomly selects balls from production and tests them against themselves in a tumble apparatus. If he or she finds an unacceptable number of defective balls during the sampling, the entire batch has to be hand-sorted, a tall order, given that Stelco routinely manufactures over 20 million of these balls per year.

In this sorting process, the inspector chooses two balls at random and strikes them together. Like a broken bell, a cracked ball makes a sound quite different from one without imperfections, and it's a difference that is detectable by the inspector's trained ear. With this lead from Stelco, Nadeau focussed on a sounding technique as his starting-off point. During tests in a "dead room" (a chamber for doing sound tests) at NRC's Division of Physics in Ottawa, he noticed that uncracked balls contacting each other make a sound which, at frequencies of 40 to 50 kHz, cannot be heard by the human ear, whereas cracked balls produce an audible sound in the 10-15 kHz range. François Nadeau's solution: design an

electronic circuit that recognizes the acoustic signals produced by cracked steel balls, and use this to separate them from the good ones. In the IMRI prototype device that has been built as a result of his research, balls are dropped, one at a time, onto an angled steel block, where they produce an acoustic signal (a sound vibration); this is analysed by an electronic circuit (which "decides" if the ball is intact or defective) in about one one-hundredth of a second, time enough to operate a down-line trap door that sends good balls on, and defective ones back to recycling bins.

Encouraged by its laboratory tests, IMRI applied for a patent on the testing process, and Stelco Inc. went ahead with a prototype field installation in Edmonton to see how a scaled-up version will work. When these tests are completed, Stelco hopes that it will be able to test every grinder ball it produces rather than just samples of its production. IMRI's new system could, if adopted by other ball producers, save Canadian industry up to \$1 million yearly, and make hand-sorting (well, ear-sorting) a thing of the past. ☺

John Bianchi

# Pions Against Cancer

## New tumour therapy at U.B.C.

by Bill Atkinson

**TRIUMF, a giant cyclotron in Vancouver supported by NRC, is now producing a different kind of radiation for use against cancer. Scientists at the facility hope that a beam of tiny sub-nuclear particles, called pions, will deliver more cancer-killing energy to deep tumour sites than conventional irradiation can.**

**B**rain cancer is among the most lethal forms of the disease: within three months of diagnosis, most of those who have it will be dead. Autopsies have uncovered cerebral tumours which fill three-quarters of the volume of the human skull. Although brain cancer makes up only one and a half per cent of all new cancer diagnoses in North America, deaths from it are proportionately double — 2.4 per cent of all North American cancer deaths.

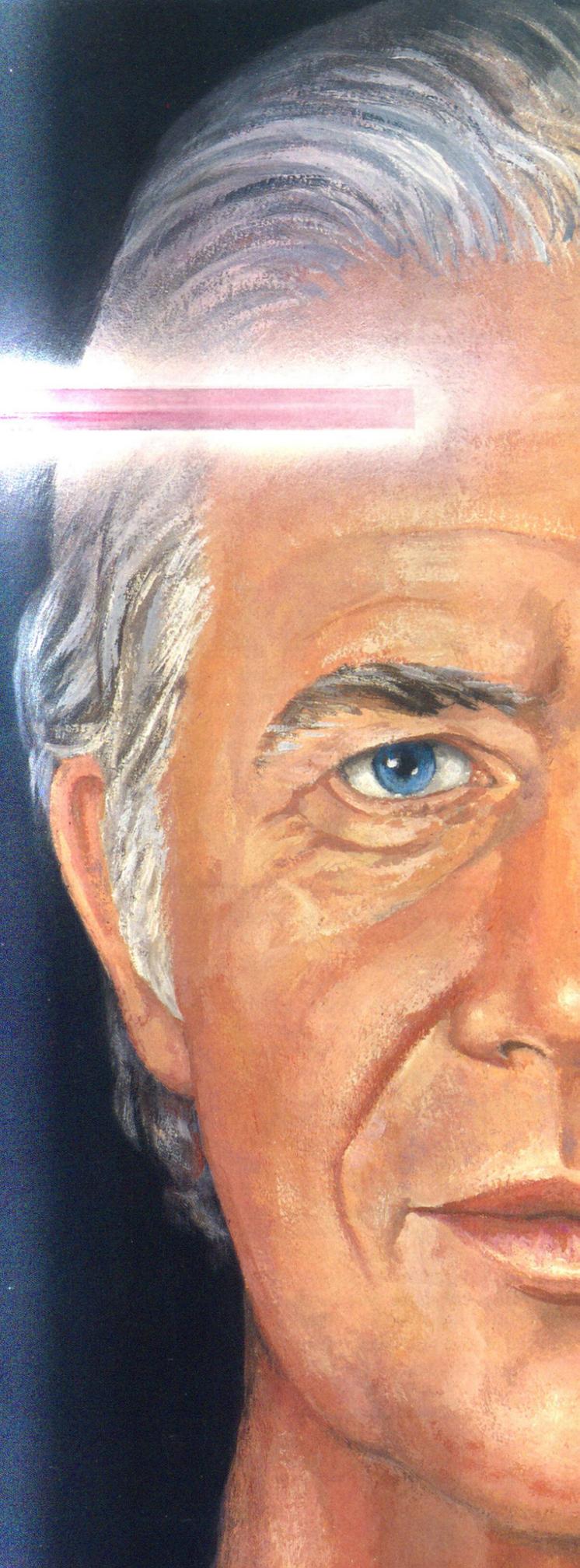
Why is this? First, any tumour growing in the brain enjoys conditions that are near ideal. The several billion nerve cells which constitute the body's central computer are given everything they need to do their vital job — first choice of oxygen, warmth, and food, plus protection inside a seamless shell of the hardest bone in the body. A cancer cell which forms in, or migrates to, the brain can replicate ideally in this rich pasture. Worst of all, it can also replicate without competition. Humans are born with virtually their full complement of nerve cells, for neurons are among the few types of human cell that do not divide once their numbers are complete. Our delicate web of consciousness depends on pathways and cross-

connections among our brain cells. Were they to divide, this web would be continually torn.

When a transformed cell begins its unchecked growth within the brain, then, terrible consequences ensue. Tapping the brain's priority supply of nutrients, the cancer expands explosively, pressing the healthy tissue around it inexorably against the unyielding skull. This insidious process is often painless at first: patients visit their doctors reporting a variety of seemingly unrelated symptoms — blurred vision, fading memory, even loss of taste. Only then can scans of the living brain by new techniques of positron tomography reveal the anomaly. Other tests confirm the diagnosis. Thirteen weeks later, the average patient is dead.

Can nothing be done for these people? Inch by grudging inch, other forms of cancer have given way to science in the last few years. Certain kinds of skin cancer show near-100 per cent cure rates. Even 'incurables' can be helped sufficiently to grant the patient precious extra years. But most of the techniques for treating cancer elsewhere in the body — surgery, irradiation, chemotherapy — are almost useless in the brain. Again, the cancer shelters behind the body's natural defences for these precious grey cells. Surgery is a last resort: it begins with the surgeon sawing open the skull, vacuuming up bone dust and fragments, violating the antiseptic covering called the dura mater, and then locating and attempting to remove the carcinoma. This is an exhausting procedure for both doctor and patient, and

*Pi-meson therapy at UBC's TRIUMF cyclotron delivers more cancer-killing energy to deep tumour sites.*



even if successful often leaves the patient severely handicapped and as near death as he was before. Moreover, a *single cancer cell* left in place will begin the tumour all over again. There have even been instances of surgery serving to spread the cancer it intended to eradicate.

Chemotherapy in the brain is hampered by a natural, and exquisitely sensitive, barrier which screens out almost every chemical the brain deems foreign. To bypass this barrier, physicians may elect to inject drugs directly into the tumour site; but this is merely another form of surgery. Simply inserting a syringe can make the cancer spread.

That leaves irradiation. Radioactive elements are those which have unstable atomic nuclei; these decay to more stable forms by emitting x-rays or various particles. Such decay particles, encountering living tissue, tend to disrupt its genetic material DNA, crippling or killing the affected cells as soon as they attempt to reproduce. As cancer cells divide more frequently than their normal cousins, irradiating a tumour should affect it more severely; and in soft tissue, especially when tumours are near the surface, this is exactly what occurs. Against many forms of cancer, conventional radiation treatment forms a powerful tool.

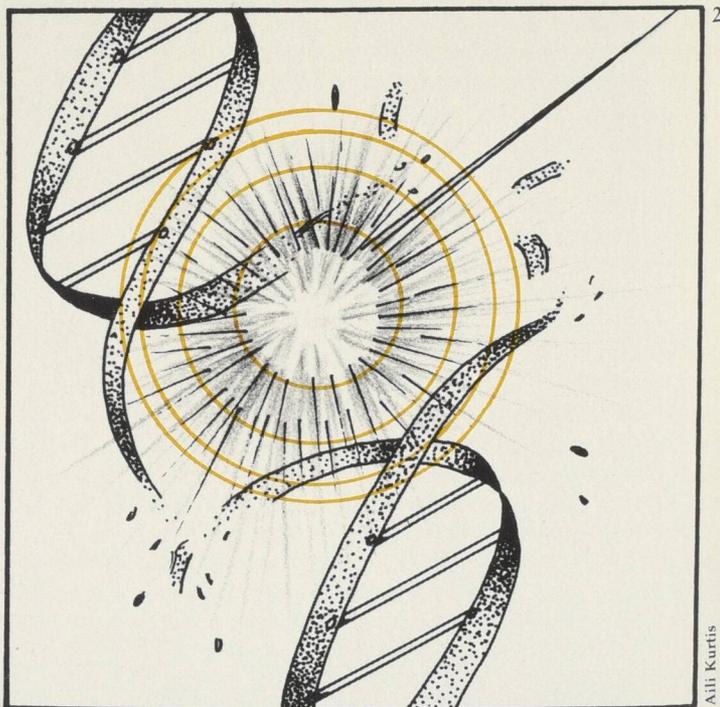
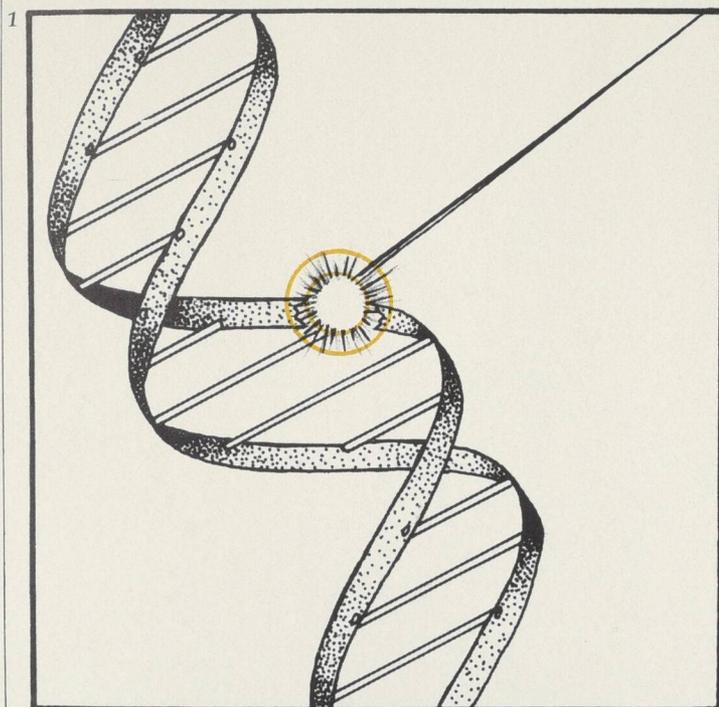
Again, however, the situation changes deep inside the brain. Conventional radiation dumps most of its disruptive energy in the first few centimetres of tissue encountered. When a tumour is deeply buried behind dense cranial bone, it receives little of the conventional radiation's original force. To expose them to desirable radiation levels, the healthy brain and bone cells must endure doses that are dangerously high. The result is a trade-off — the tumour is damaged too little, the healthy tissue too

much. As a last bad joke, transformed cells within the brain seem much less susceptible to conventional radiation than theory predicts. Some scientists think that brain cancer's explosive growth accounts for this. Brain tumours often grow so fast that they outstrip their nutrient supply: cancer cells in a tumour's centre are starved for oxygen. But exactly such "hypoxia," it is felt, may reduce conventional radiation's disruptive effects.

In the face of all this bad news, it comes as an unexpected note of hope that scientists and technicians at Vancouver's TRIUMF cyclotron have harnessed a new form of radiation in the war against deep cancers. This new radiation can be made to pass through normal tissue stealthily, detonating *within* the tumour. Moreover, the damage it causes to the cancer's DNA is much more severe than what conventional radiation provides. The particles that make up this new irradiation are called pi-mesons, or pions. At TRIUMF, the man in charge of their enlistment is Dr. Gabriel Lam.

"The x-rays and particles emitted when radioactive isotopes decay," says Dr. Lam, "break cellular DNA cleanly; but the effect of even a single pion on a molecule is much more severe. If conventional radiation snips DNA like scissors, pions shatter it like hand grenades. Cancer cells can marshal enzymes to repair most forms of decay-particle damage, but a DNA chain that tangles with a pion is gone for good." (See figure 1.)

Lam and his colleagues work in a treatment centre attached to the world's largest cyclotron. Located near the main campus of the University of British Columbia, TRIUMF accelerates hydrogen ions to respectable fractions of the speed of light. At one point in the spiral these ions describe during their acceleration, TRIUMF's tech-



1 — Cancer Grenades: Left, conventional radiation from decay of radioactive isotopes such as cobalt-60 takes the form of various particles (not mesons) or x-rays. When these impact DNA inside a cancer cell, they snip it neatly, allowing the cell to repair it with special enzymes. The effect of pion decay (right) is like a grenade — in fact, a tiny atom bomb. The cancer's nuclear DNA is completely shattered so that the cell cannot reproduce.



John Bianchi

nicians have positioned a thin piece of metal foil which strips the electrons from some of the fast-moving ions, changes their charge, and sends them hurtling along a pipe at a tangent to their prior spiral course. Halfway down this pipe the particle beam, now composed of pure protons, smashes into a target of carbon or beryllium and produces pions. These pions continue the rest of the way down the pipe to the treatment centre and irradiate patients with deep tumours of the pelvis or brain (figure 2).

Dr. Lam explains why pions have so devastating an effect on cancer: "Pions have what we call a 'depth-charge effect' — they cause less damage than conventional radiation does to intervening healthy cells, yet deliver up to 40 per cent more energy at the tumour site. Essentially, we first calculate the exact point where the pi-mesons will become unstable enough to react strongly with surrounding matter. We can do this because we know how fast they travel, and how long they live. Then we position our patient carefully where the pions will 'emerge' and cause most havoc."

Why does a pion deliver such jolt at the end of its brief life? Gabriel Lam: "Because it's absorbed into a nearby nucleus and makes it unstable. The nucleus then fissions — splits apart — into smaller fragments, so that the pion's effect is to induce what is quite literally a small atom bomb *within* the carcinoma. One then gets the effects of conventional radiation on top of the initial explosion." (See figure 2.)

To help position a patient, Lam's group first makes a thermoplastic mold of the affected area — hip or head — which fits the patient like a glove, prohibiting movement. Patients are exposed to the pion beam for only twenty minutes at a time. Given the beam's intensity,

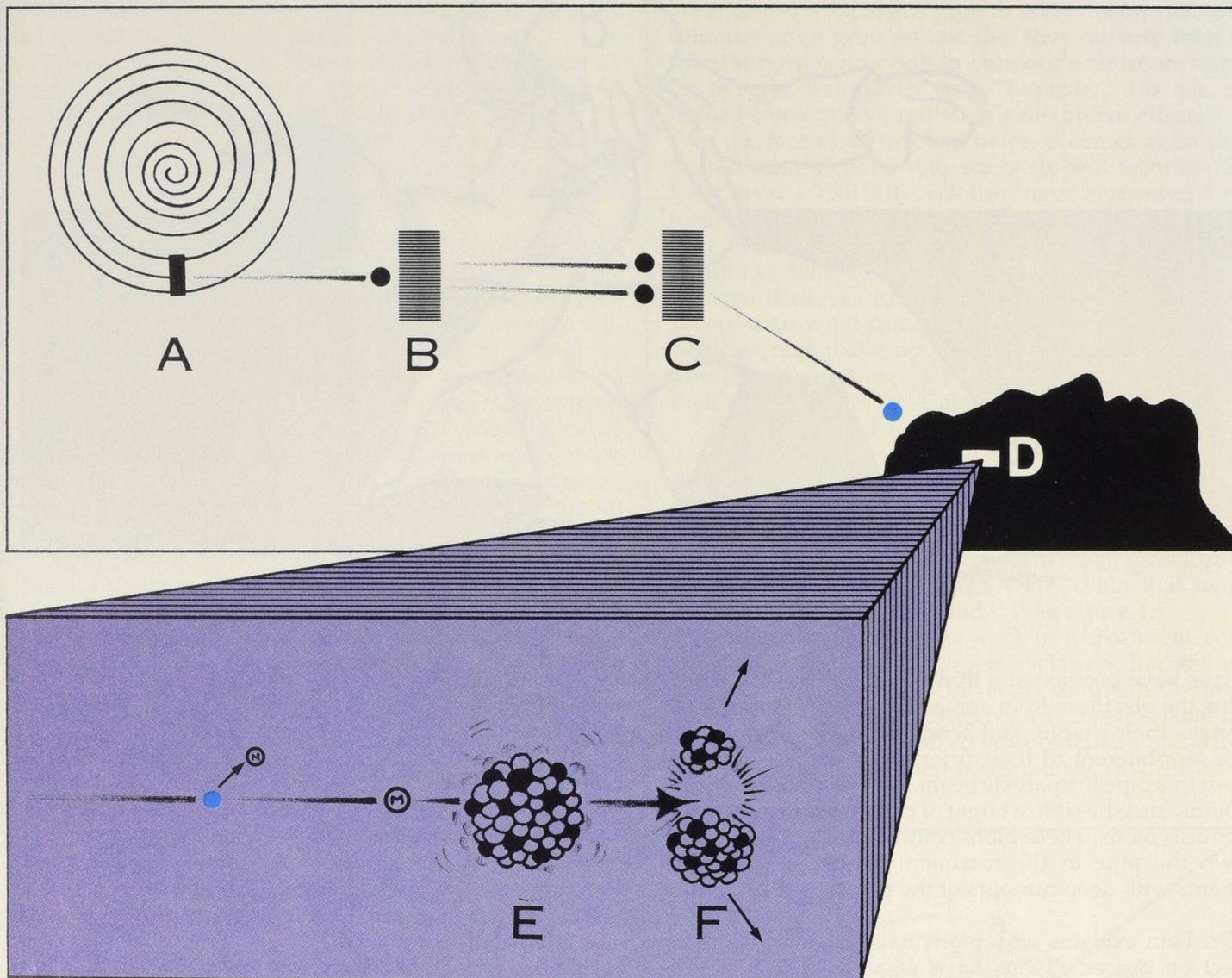
this duration is quite safe; the time limit is imposed not by radiation hazard but by the patients' comfort — it's hard for them to keep still for a longer time.

The 'depth-charge' theory was propounded in the early 1970's, just as TRIUMF was being built, so that this program has been almost a decade in the making. A beam line was installed, with Lam's treatment centre at its terminus, so that experiments could be carried out on living matter, everything from Chinese-hamster ovary cells to mouse foot skin. Finally, the first human patient was irradiated in early 1982.

Because cancer therapists, like epidemiologists, work in a statistical realm where cause and effect are not apparent without rigorous numerical analysis, Lam is cautious about how well the pions are performing against what may well be one of the worst individual manifestations of mankind's deadliest afflictions.

"It's early yet," Lam says with a smile. "We've treated only a handful of people so far. It will take years, perhaps, before we have an accurate assessment of how well pion therapy really works against deep tumours. But it's apparent to me on an intuitive level that this form of therapy is at least as good as the conventional kind. There are no textbooks in this field — we're writing our own as we go. But we haven't noticed any unexpected side effects, and every three months we're treating another twenty patients. We're very hopeful that pions will prove an effective new weapon against these forms of cancer."

The more than one thousand Canadians who will this year develop brain carcinomas will definitely share that hope. ☺



Aili Kurtis

2 — Pions Against Cancer: Top left, hydrogen ions (protons with two electrons each) are accelerated to high velocities in TRIUMF's giant cyclotron; the farther out they travel in their spiral paths, the faster they go. At a precise velocity, they are shunted through a piece of metal foil (A), which captures electrons and transmits naked protons. These hit an initial target (B) which multiplies protons; a second target (C) produces pi-mesons or pions, which travel down a shielded pipe. TRIUMF scientists know with great accuracy how fast these pions travel and how long they will live. Thus, they can predict where the pions become unstable and interact with surrounding matter, delivering their energy.

TRIUMF personnel position cancer patients so tumours coincide with the region of pion decay. Inside the tumour (D), a pion emits a neutrino (a tiny, almost weightless particle) and becomes a muon. Encountering an atomic nucleus within the cancer cell, the muon enters, is absorbed, and makes the capturing nucleus (E) so unstable that it splits (F). Pion therapy thus delivers little energy to the normal tissues between the tumour and beam source, and much more energy to the tumour.



# The Eggs Have It

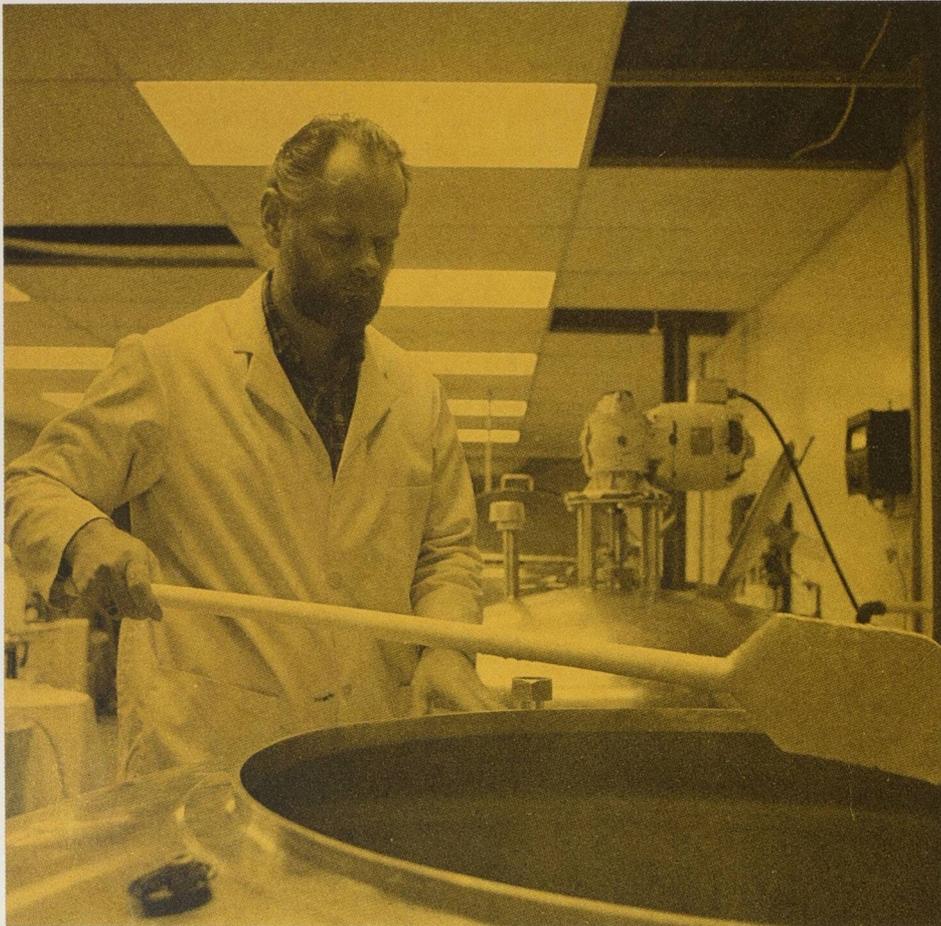
There are natural antibiotics in our bodies. With NRC assistance, a B.C. firm is now extracting a protein much like one of these from ordinary egg white.

**S**tarting with the discovery of the sulfa drugs, modern medicine has produced a vast range of compounds to fight infection: penicillin, tetracycline, and streptomycin are a few. These antibiotics, however, whether synthesized or purified from nature, have one fatal flaw: under their selective pressure, the bacteria they at first decimate can evolve immunity to them and pass it on to other bacteria. Thanks to this naturally occurring gene splice, bacteria that have never been near tetracycline can eat it for breakfast.

Within our bodies, however, there are subtle and powerful

---

*by Bill Atkinson*



Bill Atkinson

*Purifying extracted lysozyme at Brookside Farms, Abbotsford, B.C.*

antibiotics of a radically different kind. Partly because we mete them out in tiny amounts and only on urgent demand, partly because they have evolved for sustained effectiveness, these natural proteins have far more impact on invading 'bugs' than synthetic substances do. One well-known example of these inner medicines is interferon, which alerts our cells against viral attack. Biochemists have now found interferon's amino-acid sequence, and advanced laboratories such as that of NRC's Dr. Saran Narang have isolated the human interferon gene; soon this intriguing substance may be produced by modified bacteria or yeasts.

Another of these naturally occurring antibiotics is called lysozyme. A protein of low molecular weight, lysozyme attacks a whole class of bacteria, cutting their cell membranes till they burst. Lysozyme is found in human mucus, skin, and tears, and is probably one of the means our bodies use to control infections at these points.

A similar protein can be found in the whites of chicken eggs. While not identical to human lysozyme, it's close enough to mimic its action. Our bodies treat chicken lysozyme as a V.I.P. (Very Important Protein) and absorb it whole across the intestinal cell wall, a rare honour for any substance. Lysozyme, like other proteins, is preserved in the drying process that produces powdered egg white, so that firms such as British Columbia's Brookside Farms Limited used to give it away free in every package of their egg white powder. That was a loss in two ways. First, the lysozyme so delivered was in too low a concentration to do much good. And second, while egg white sold for pennies, pure lysozyme chloride commands several hundred times that amount — not a bad return on extract of egg.

For years, however, Brookside Farms considered the lysozyme content of its egg white powder a biochemical curiosity. What changed their minds was the large amount of egg white powder going to a single nation, Japan. This piqued their curiosity — what did the Japanese *do* with all that dried egg white? The answer: they were extracting lysozyme for pharmaceuticals. Brookside was glad of the business, but reasoned that if it could extract the lysozyme at the same time as it dried the egg white, it could reap the benefits that it was currently giving away for nothing to the Japanese.

Brookside took so long to realize what was happening because lysozyme is not in common use in North America; the U.S. Food and Drug Administration has yet to give its nod to human consumption of the compound, despite the billions of daily doses North Americans receive by way of whole or powdered eggs. Although American and Canadian laboratories are well-informed of lysozyme's antibacterial qualities, the lysozyme protein family is in pharmaceutical use now only in Japan. The FDA is reviewing this, however, and may soon pronounce favourably on the therapeutic use of lysozyme.

"In the meantime, we're hard at work on a new process to extract lysozyme from pure raw egg white on our existing production line,"

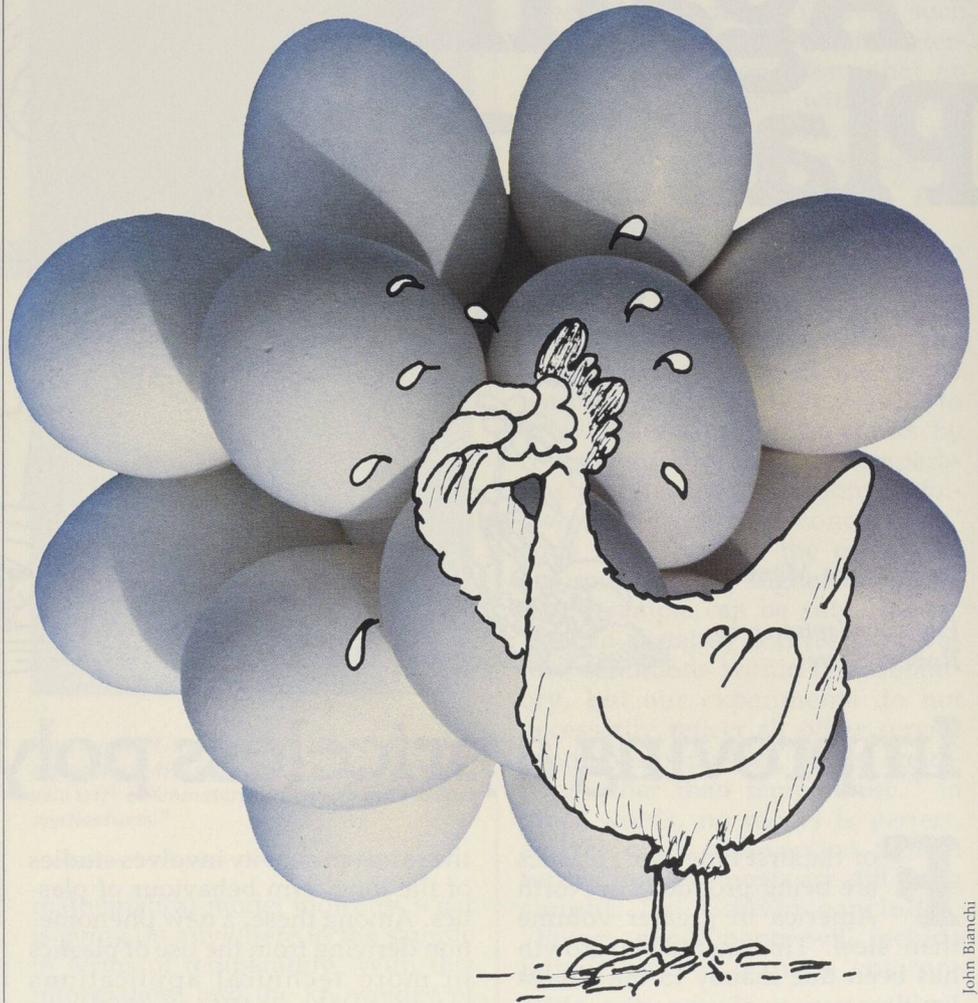
says Brookside Farms' General Manager, Joan Toews. "I can't tell you the details, but basically we've kept that line intact — only now we take out the lysozyme. After that extraction the egg white, which is otherwise unchanged, goes through its customary treatment. It ends up as the dry powder it's always been, only lacking three and a half parts per thousand of what it had before."

That 0.35 per cent is the missing lysozyme. To extract it, Brookside first adds a special 'affinity resin' to its egg white vat, in the form of small transparent beads. The lysozyme bonds to these beads, which are then strained out and taken upstairs on a conveyor to another vat. There the bonded lysozyme is detached, purified, dried, and packaged. Toews gives me some to taste: the white powder dissolves quickly on the tip of my tongue, leaving a faint taste of liquorice. I ask her how her firm developed the extraction process.

"We used an IRAP-M grant," Toews says, referring to one of the elements within NRC's Industrial Research Assistance Program that matches industry research expenses dollar for dollar. "IRAP enabled us to hire a biochemist and begin searching for an extraction process of our own." Toews says that existing processes for removing lysozyme from eggs were either inefficient for large volumes, or else tied to proprietary rights. "In order to use one process, we'd have had to sign away our full production to the licensor."

Brookside's consulting biochemist is Dr. Lorne Reid of the University of British Columbia. Like most scientists, Dr. Reid is fond of discussing his work, but all he'll say about his new extraction process is that its affinity resin has an unlikely source. "It's a kind of combination bait-fishing hook: it provides long polysaccharides that the lysozyme mistakes for those it bonds with in bacterial cell walls. Of course, there may be even better substrates out there somewhere; there's no reason for us to stop looking. I doubt, though, that we'll soon find one that lets us remove the lysozyme so quickly, with so few contaminants."

Couldn't new genetic-engineering techniques identify the gene for



John Bianchi

human lysozyme, replicate it artificially, and insert it into a bacterial plasmid, as has been done with insulin? "Oh, yes, the technology's there," says Reid. "But why go to all that trouble when chicken eggs already contain human-compatible lysozyme in relatively large quantities? I don't think genetic engineering would be cost-effective."

Reid is interested in applications for pure lysozyme extract, and is currently working with a Vancouver dermatologist in monitoring ways the protein can speed healing in the skin. "There seem to be two ways, direct and indirect," says Reid. "In the indirect way, you simply put it into the cut, where it fights infection without an energy cost to the body.

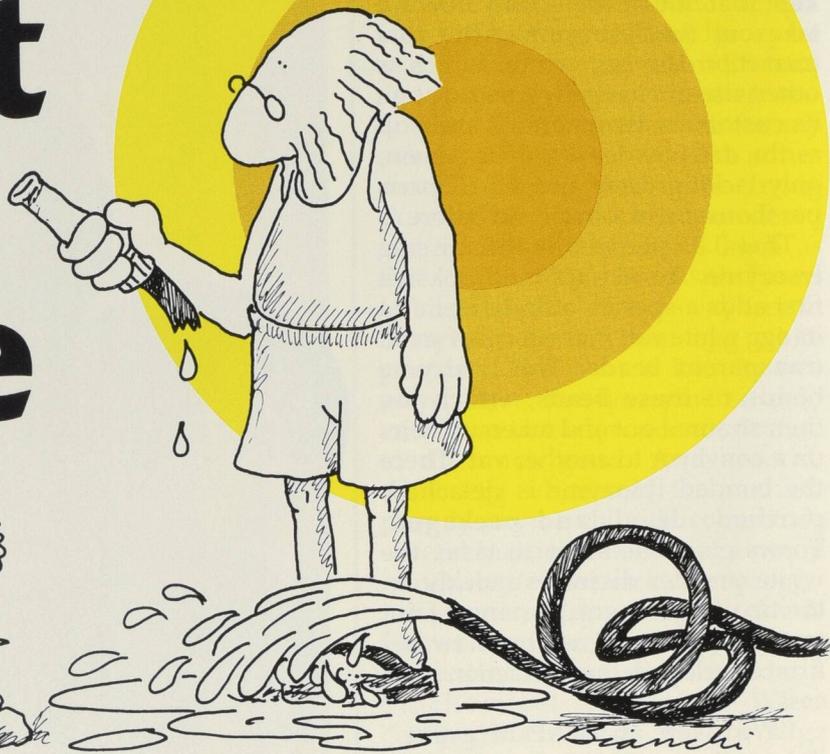
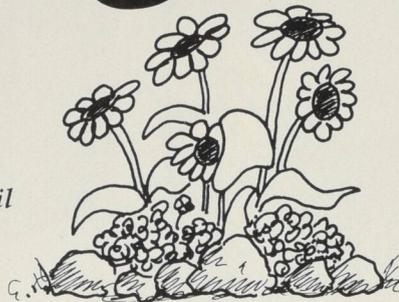
In the direct way, what you put in the cut is not lysozyme but an inert compound called chitin (*kite-in*). Chitin acts as a substrate for our own human lysozyme, perhaps permitting it to accumulate faster and help knit the wound. We may be on to a whole new way of natural healing."

According to Joan Toews, the new process at Brookside Farms is on track for full production by the end of the year. "If the FDA gives approval, we could soon be exporting to the U.S." Other exports to Europe and Japan, following Brookside's established markets, would be next. Cash target by next year: several hundred thousand dollars annually — not a bad return on a commodity that, until recently, was given away at no charge. ☺

# The Battle Against Plastics Fatigue

by Patricia Montreuil

English adaptation by  
Robert Serré



## Improving a priceless polymer

**F**or the first time ever, plastics are being produced in North America in greater volume than steel. This incredible growth has been due mainly to the almost limitless variety of properties which can be given to plastic products, enabling them to compete in all areas, from aeronautics, to the construction industry, to everyday consumer goods. It is not surprising, then, that plastics research accounts for one-third of all the resources of the Industrial Materials Research Institute (IMRI) (which has a staff of over 200 and an annual budget of over 25 million dollars). "Most Canadian companies specializing in plastics are not large enough to invest in research," says Dr. Raymond Gauvin, head of IMRI's plastic laboratory. Nevertheless, engineering and research needs throughout the industry are both numerous and varied. IMRI has decided to tackle problems related to the development of composite materials, polymeric mixtures, and the modelling of transformation processes. In addition, an important part of

the research activity involves studies of the long term behaviour of plastics. Among these, a new phenomenon deriving from the use of plastics in more technical applications interests the IMRI researchers, namely fatigue processes.

The study of metal fatigue has a long history; it's now possible to predict it and control it through the use of alloys, which vary in their fatigue resistance depending on the conditions. Plastics fatigue, on the other hand, is a fairly recent concern, and the team at IMRI, along with researchers at École Polytechnique in Montreal, is practically the only one in Canada involved in studying it. "All materials," explains Raymond Gauvin, "have an internal load-bearing capacity. That is, they behave differently depending on whether loads are applied singly or repetitively." Single loads are studied in static tests, whereas repeated loads under variable conditions are studied through dynamic tests. Each material behaves differently, exhibiting a maximum level of resistance which,

if exceeded, leads to cracking, which progresses with each cycle, leading finally to a fracture. For example, a plastic rod bent several times will eventually break, even if the load applied each time is less than the material's static load capacity.

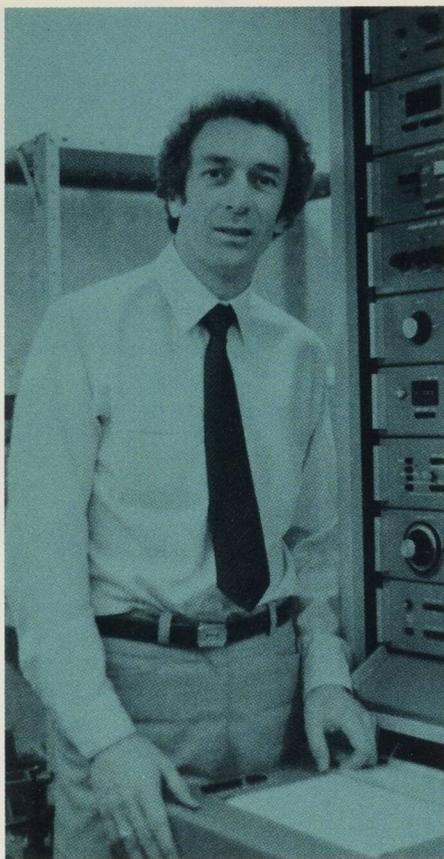
Basically, the IMRI team is seeking a better understanding of the behaviour of plastics subjected to repeated stress. Since fatigue studies are not well understood, a series of tests had to be designed for a large number of plastics. In view of the variety and scope of tests needed to analyse the influence of temperature, load levels, and loading frequency on the service life of plastics, Raymond Gauvin and Jean-Pierre Trotignon designed a new machine for bending fatigue tests when they were colleagues at the École Polytechnique a few years back. There exist machines for tensile fatigue tests, but since, as a general rule, materials are exposed to bending loads, this type of test has a much greater practical range. "In Canada," explains Dr. Gauvin, "these tests are standardized by the Ameri-

can Society for Testing and Materials (ASTM). The standardized test can only handle one sample at a time, so that the number of tests we can perform is obviously limited." Their new machine, on the other hand, allows 16 samples to be tested simultaneously, i.e., 4 samples for each of 4 test stations. The 4 samples of one station are automatically subjected to the same conditions, which allows the results to be averaged for a given parameter, and each station can simulate different service conditions.

The team at IMRI is using this machine to study the effects of dynamic fatigue on pure resins (additives would greatly complicate the study of resin behaviour). Indications are that much of the strain in the plastic sample subjected to stresses is transformed into heat within the sample itself. This is characteristic of *viscoelastic* materials (plastics). *Elastic* materials such as metals, on the other hand, return to their original volume and shape as soon as the load acting on them is removed, thereby hardly heating up at all.

Since plastics are poor conductors, heat generated within them is not readily dispersed, and their temperature therefore increases. "If we analyse this phenomenon mathematically, keeping in mind the level and frequency of strain in the sample as well as the environment," adds Raymond Gauvin, "we can calculate the heat generated and the temperature at all points. Heat generation and temperature are not uniform of course, and areas near the surface will release heat more readily than underlying zones." This brings us to the core of the problem: the rate of thermal diffusion depends on the geometry of the sample. In the prediction of the life of a sample, it has therefore been necessary to find a way of taking into account its shape in terms of its ability to release any stress-related heat. "There is no such problem with metals," says Mr. Gauvin, "since they are good heat conductors."

Since tests cannot possibly be carried out on every conceivable product shape, computer modelling is used to study heat generation and transfer at IMRI. Raymond Gauvin: "Basically, when a sample is subjected to a given stress, the



Louise Pelland

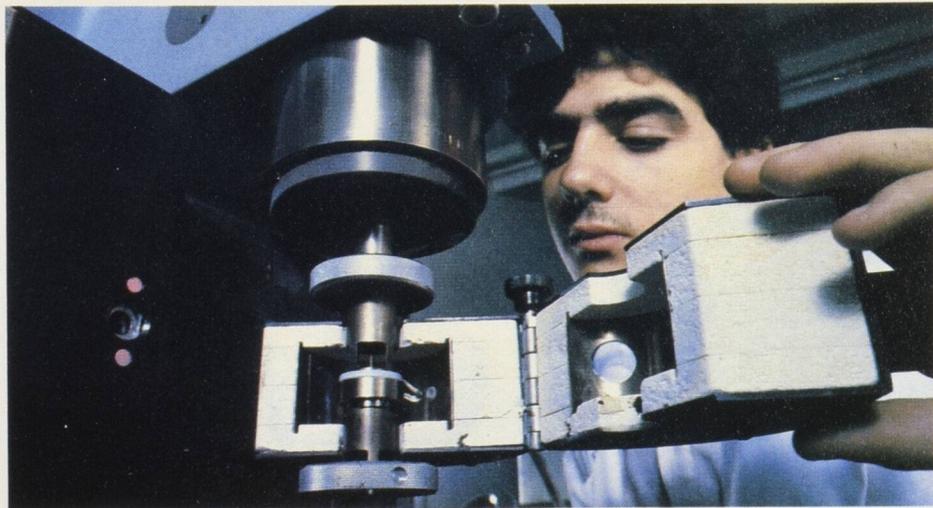
*Raymond Gauvin: "Because of their astonishing diversity, plastics can now compete with other materials in many mechanical applications."*

mathematical model indicates what is going on anywhere in the sample in terms of temperature. With this information, and the knowledge of how materials behave as a function of temperature, it is possible to predict where a crack is most likely to begin. Therefore, if we are able to predict, for a given geometry, that a crack will develop at a certain stress

level, we can also picture an item having a different geometry under the same conditions, and derive its maximum heating value by extrapolation from our mathematical model." According to Gauvin, such information can be used to determine the load conditions that an item can withstand without risk of fracture. As a result, IMRI researchers can predict the service life of an item using "information" provided by the computer.

Needless to say, the temperature of an item is influenced by the temperature of its environment. If, as the thermal model predicts, the appearance of a crack is linked to the temperature, it should be possible to delay the occurrence of cracks by controlling the ambient temperature. "If this line of reasoning is followed to its logical conclusion," adds Dr. Gauvin, "the colder the environment, the higher the stress that a sample can be subjected to. We can certainly control temperature conditions within our laboratory, but our experiments do not necessarily reflect all other service conditions of plastics, that is, conditions other than temperature." In other words, no model is perfect, and this one is no exception, though further improvements are still being sought. Dr. Gauvin concludes: "Future experiments will include fatigue tests in various environ-

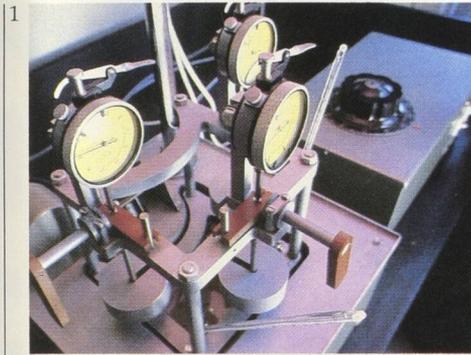
*Such properties as shear modulus can be measured by oscillating samples inside the little furnace of a mechanical spectrometer.*



Mark Sandiford

ments to further determine the accuracy of our mathematical model and will also involve other factors relevant to the milieu."

Studies of plastics fatigue constitute only one of the methods used by IMRI to promote optimum use of plastics. Recent developments, such as the improvement and analysis of procedures for making plastics, research advances in reinforced plastics, and the mixing of polymers are other examples. IMRI is also developing mathematical techniques for the design of new automatic control systems, given the increasing importance of computers and robots in the plastics industry. Such efforts should help Canadian industry compete with American, Japanese, and European firms for a share of the plastics market. ☾



Mark Sandiford

*To evaluate plastics' performance, samples are aged in a weatherometer (1), deflected under load (2), or fractured at extremely low temperatures. By installing a thermo-gravimetric analyzer (3) as well as other equipment, IMRI researchers can follow structural changes in materials over a wide range of temperatures.*

The terms "plastics" is generally used in the industry to describe a mixture of resin (comprising carbon polymers) and an additive (a substance added to the resin to enhance its properties, e.g., its flexibility and mechanical strength). Resins most in use today include polyethylene, polystyrene, polypropylene, and polyvinyl chloride, found in things like floor tiles, music records, and in such familiar materials of the textile industry as nylon, acrylic, polyurethane, and polyester. Current uses of these resins in domains other than textiles are well known, but more specialized applications have sharply increased in recent years.

The automotive industry is a striking example of the breakthrough in new applications for plastics. At first, these were used because they were cheaper

and lighter, but their applications were limited. Now they are used because of their superior performance. In 1960, for example, the average American car contained about 10 kg of plastics. By 1980, that figure had increased tenfold, and as of 1984, General Motors plans to unveil a new automobile made of plastics, including the hood, body, seats, wheels, and even the gas tank (this doesn't count the multitude of examples where plastic is already in use, such as dashboards, steering wheels, ventilation systems, decorative mouldings, and so on). Plastics offer some major advantages in terms of weight, corrosion resistance, and processing energy requirements.

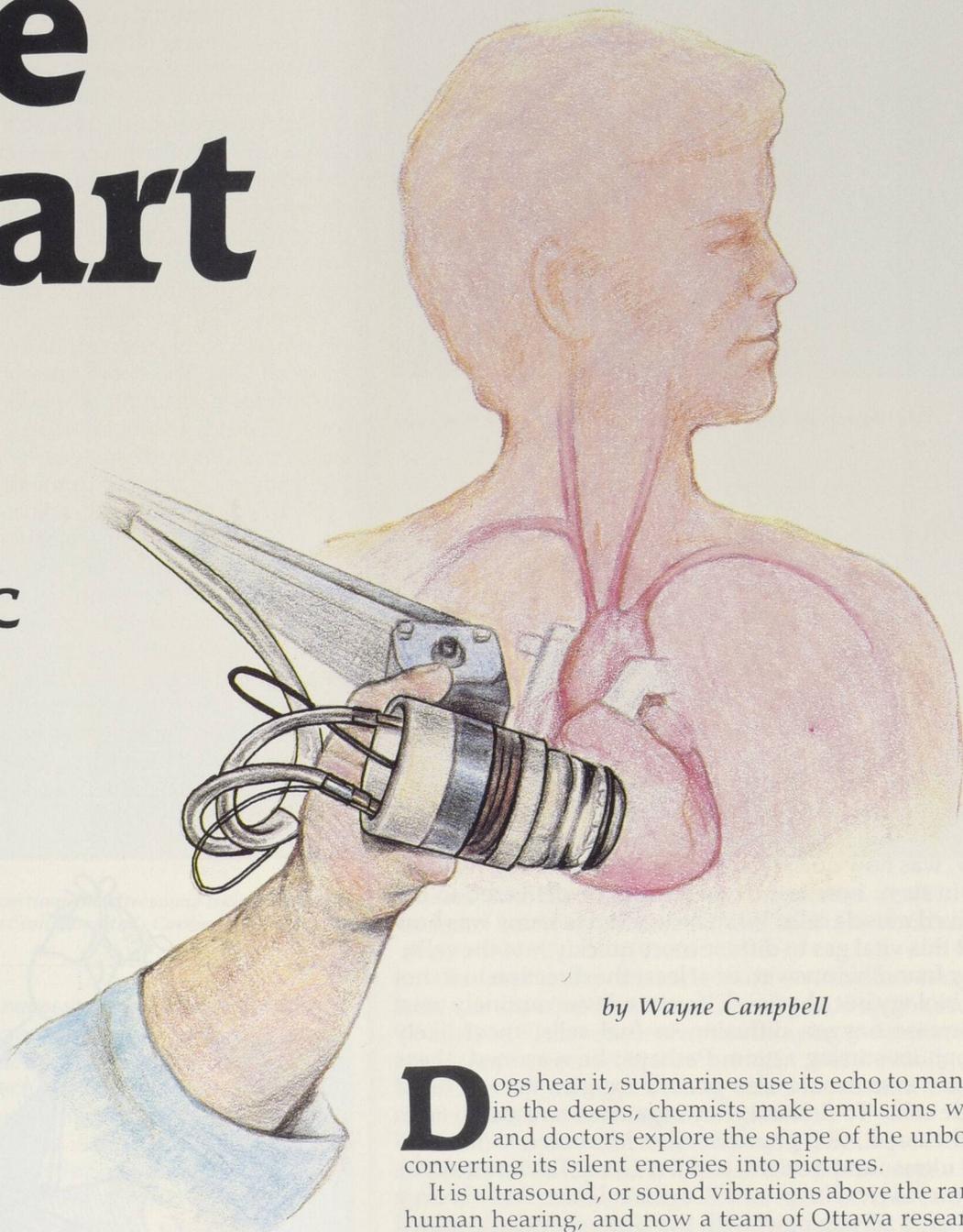
The wide choice of plastics available to the industry is growing constantly, as new products are developed and

existing ones are improved. The highly versatile materials include some of the best insulating materials known to mankind, as well as some excellent conductors. Because of their astonishing diversity, plastics are now able to compete with other materials in mechanical applications such as gears, sprocket wheels, levers, and cams, where loads may vary. In fact, these new applications have paved the way for a young discipline called plastics engineering.

There can be little doubt that plastics have tremendous growth potential in areas traditionally dominated by such materials as metals, wood, glass, or paper. All the more reason to gain a solid understanding of the properties and behaviour of these promising materials.

# Sounding The Heart

A  
new  
acoustic  
therapy

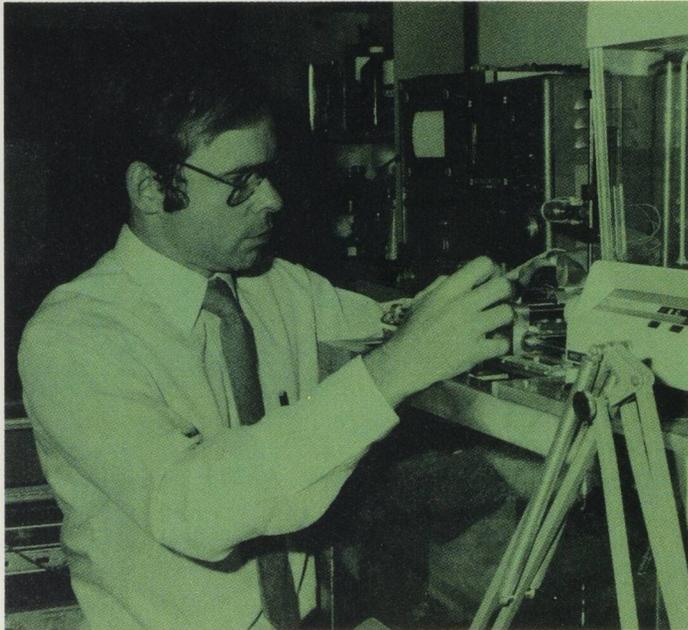


by Wayne Campbell

**D**ogs hear it, submarines use its echo to maneuver in the deeps, chemists make emulsions with it, and doctors explore the shape of the unborn by converting its silent energies into pictures.

It is ultrasound, or sound vibrations above the range of human hearing, and now a team of Ottawa researchers from the National Research Council and the Ottawa Civic Hospital have added yet another application to its list of credits, this one again in medicine. They have discovered that, if the right amount of this energy is applied at just the right time, it can dramatically improve the performance of the heart when it is under stress. And early indications point to the same kind of effect in diseased or failing hearts as well. What's more, the team is sufficiently advanced after several years of work that patents have been taken out on devices for use in hospital therapy. In a society where heart disease looms large as a

*The ultrasound "transducer" designed by Alan Mortimer. Researchers hope that the device, which converts electrical energy into ultrasound, can be used in the future to ease effects of surgery on the heart.*



*Physicist Alan Mortimer: bringing mathematics and physics to play on the problem.*

cause of death, these advances — still at the research stage — could make an important difference to the cardiac surgeon.

The idea of using ultrasound in this manner is no lucky accident or chance observation. Rather, it had its beginnings in the early 1960s when Orest (O.Z.) Roy, head of the Medical Engineering Research Program at NRC's Division of Electrical Engineering, began looking into ways of restoring electrical rhythm and contractility to hearts that were 'fibrillating' (a fibrillating heart doesn't contract and is fatal unless corrected).

One of the vital factors in saving such a heart, Roy knew, was how quickly normal rhythm could be restored and, in turn, how fast oxygen could be delivered to the deprived muscle cells. What he wanted to know was how to get this vital gas to diffuse more quickly into the cells.

Roy found his answer, or at least the direction to it, not from biology but physics. Ultrasound was routinely used to increase oxygen diffusion in fuel cells, most likely through its stirring action. Perhaps, he reasoned, these sound waves would also benefit oxygen-starved heart muscle cells. To find out, Roy organized a research team that included NRC physicist Alan Mortimer, who could build ultrasound devices, and Dr. Gerry Taichman of the Ottawa Civic Hospital's Cardiac Unit. Dr. George Forester, a physiologist with the Unit, eventually joined Roy's group at NRC to work full time on the ultrasound project.

"At the Civic," says Roy, "they had a well-defined system for measuring changes in isolated heart muscle, and Alan had a machine that emitted highly characterized ultrasound vibrations. Sure enough, we found that ultrasound lowered the muscle's diastolic tension — that is, the resting pressure that occurs between heart beats.

"But it was difficult to see any clinical relevance to the finding, other than as a possible means of lowering blood

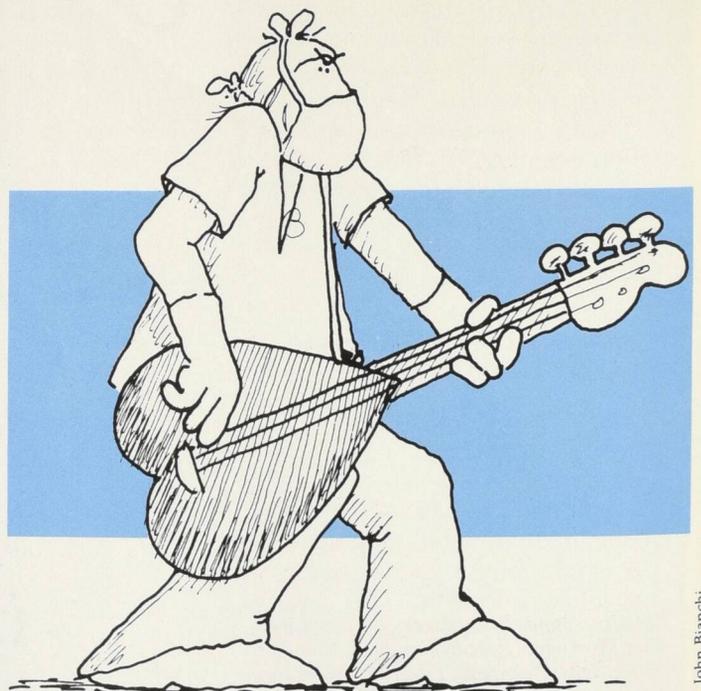
pressure. And it was a long extrapolation from strips of rat muscle in a petri dish to a fully functioning heart."

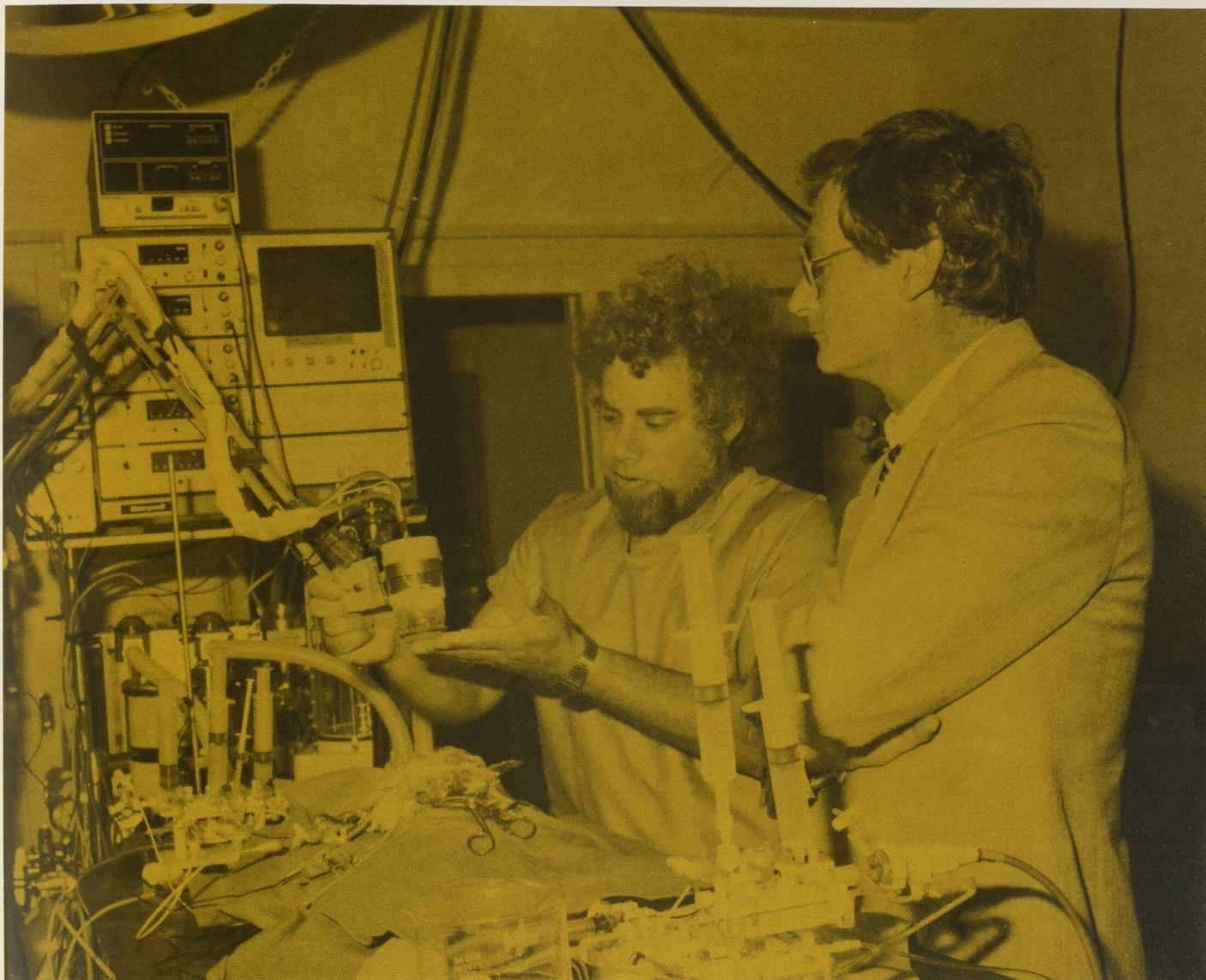
But all that has changed. Now, eight years later, the team has convincing evidence that ultrasound's effects go far beyond a mere lowering of this resting pressure. When used in a way that the researchers continue to study and optimize, ultrasound dramatically improve the heart's performance, healthy or otherwise.

Today, George Forester and Alan Mortimer, the principal experimentalists, are working out the most effective way of bathing the heart in these energy waves, and trying to understand just what ultrasound does when it acts on heart muscle. These twin research tacks, utilizing the effect and determining its biological action, go back to the beginnings of the project. The researchers determined to work on the practical aspects, but they also wanted to learn how such sound energy ameliorated the condition of a heart under stress.

When George Forester arrived from the Civic to become the project's resident physiologist, he continued to work with the heart muscle strips, but also set up a system for examining whole rabbit hearts in the laboratory. Though the details are complex, he serviced the tissue cells of both systems with nutrients, and stimulated them electrically to move through the heart's beat cycle of contraction and relaxation. To preserve the tissues, he kept the temperature lower than normal (24°C) and stimulated the heart muscle at very low rates.

But, despite the team's patient, deliberate approach and attention to detail, the results were mixed. The earlier finding on the resting pressure did not seem to underly any larger, more dramatic physiological effect on the heart. They examined the system's variables, one after another, looking for indicators that would point them in the right direction, a task Forester later compared to looking for a needle in a haystack. Eventually, persis-





Physiologist George Forester positions the ultrasound transducer while Dr. Wilbur Keon, of the Ottawa Civic Hospital's Cardiac Unit, looks on.

tence paid off, but not necessarily, Forester confesses, because of their organized approach to the problem. "Like so many discoveries in science, we more or less stumbled on it." The effect showed up when the muscle strips were stimulated or "paced" by electric pulses much faster than normal. This is tantamount to lowering both the contraction and resting pressures of the heart (Forester describes it as "stressing" the system). When Alan Mortimer bathed the system in ultrasound, these lowered levels rose back up to the heart's normal performance range. Under such overwork stress, the heart's "indices of contractility" — its ability to contract — are dramatically increased by ultrasound.

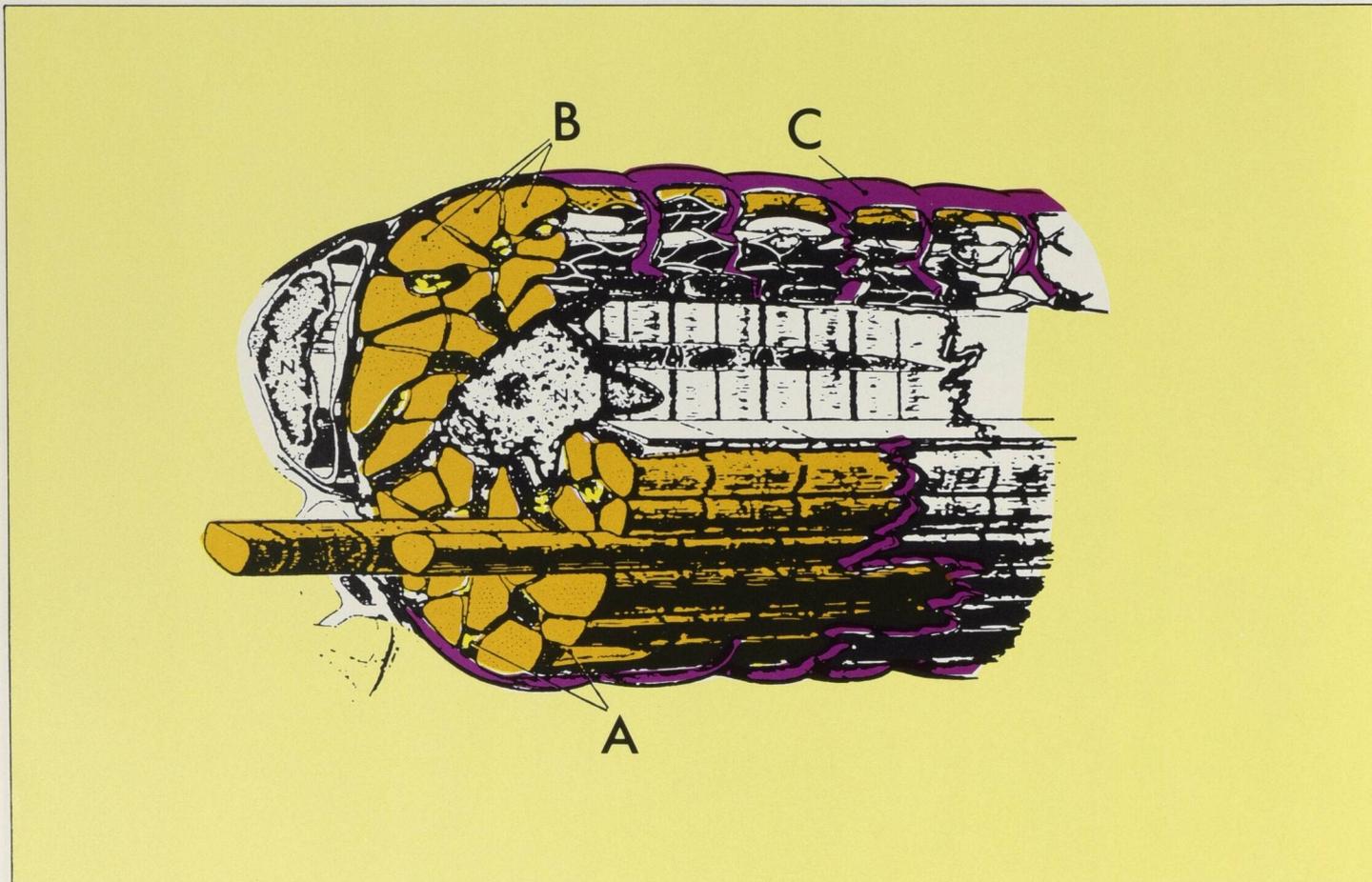
Like a reader of mysteries shocked by missing the obvious, Forester recalls that "... it just jumped out at us. But, when you consider how the heart works, in cycles, it's not all that surprising. For every contraction of the heart, it must go through a re-establishment process. During contraction the muscles cells are depleted of certain substances, these are re-set during the resting

phase, and then — bang — contraction again. It's an ordered turnover of substances that are continuously re-established.

"Our problem in the early work was the low temperature and reduced 'heart beat' we imposed on the muscle. This placed the cyclic events too far apart to be affected by ultrasound. But, when we brought these events closer together, up through resting heart levels and beyond, ultrasound's effects began to show."

That's fine for heart strips, but what about the effects of ultrasound on the heart itself, a complex organ integrated into the workings of the rest of the body via hormone and nerve controls? The body is, after all, a notoriously conservative system, with biological feedback loops designed to maintain the *status quo*. Here too, they found the ultrasound effect, but not before being tripped up by one of their measuring techniques in the isolated heart system. A side effect of the technique was heat, which raised tissue temperatures, reducing ultrasound's effect. But once corrected, the whole heart too was dramatically aided by Mortimer's device for producing ultrasound.

"In fact, ultrasound's mode of action may actually be due to heating," says Alan Mortimer, "but it is localized,



A section of a heart muscle cell, showing the location of the various organelles. (A) The mitochondria, which provide the cell with energy. (B) The fibrils, which contract along the horizontal direction, causing the entire cell to contract. (C) The sarcolemma, or outer membrane of the cell, which is joined to the internal sarcoplasmic reticulum. Ultrasound may influence muscle cell contractility by affecting the flow of calcium ions across these last two organelles.

rather than the 'bulk' kind you get from an electric heater. Ultrasound energy is probably converted to heat at cell membranes, where, incidentally, many of the chemical reactions that mediate muscle contraction take place. Certainly, bulk heating of everything has the opposite effect of ultrasound."

Again, there were technical problems when the team moved on to whole animals, but eventually they showed clearly that ultrasound waves brought heart pressure levels of highly paced hearts (the same levels you might experience from running) back into resting ranges. But where is the practical aspect of this work? Improving performance of a healthy heart hardly qualifies as a valuable medical aid. Orest Roy agrees: "But consider our other work. We made a muscle strip hypoxic (oxygen deficient) and acidotic (high in lactic acid), the same

condition you might get in diseased hearts or in the heart of a patient placed on a heart-lung machine during an operation. Here, ultrasound again raised the indices of contractility in a significant way. It didn't bring it back to normal function, but it improved the heart muscle condition. This convinced us that we were on to something of therapeutic value. This preliminary finding suggests that diseased hearts too are helped by ultrasound therapy.

"Now, we're working to establish what is called an 'animal model' of heart disease. In short, we want to create a condition in an animal that simulates heart disease as a surgeon would encounter it, and see how ultrasound can improve it. Once this is done, we can then consider moving on to human patients." Roy cautions, however, that this will take time. Stepping up to humans means passing rigorous tests laid out by the Ottawa Civic Hospital and NRC's Advisory Committee on Research Involving Human Subjects.

"However, we have examined human muscle strips retrieved from a heart operation," adds Roy, "and, as we expected, ultrasound had the same kind of palliative effect — which gave us cause for optimism."

And what of the other vital question — the biological action of ultrasound? Roy feels they are now close to some clear answers. "We attacked the problem from two directions, one pharmacological and the other biophysical," he explains. "In the first we assumed ultrasound was favouring certain biological reactions, so we used drugs to block or enhance these processes and then observed what happened to the ultrasound effect. We

know a lot about how these drugs work, so if one of them stopped ultrasound dead, we would know pretty well what biological activity this acoustic energy was affecting. We used a number of drugs known as 'cardioactive' agents — adrenalin, digoxin, caffeine."

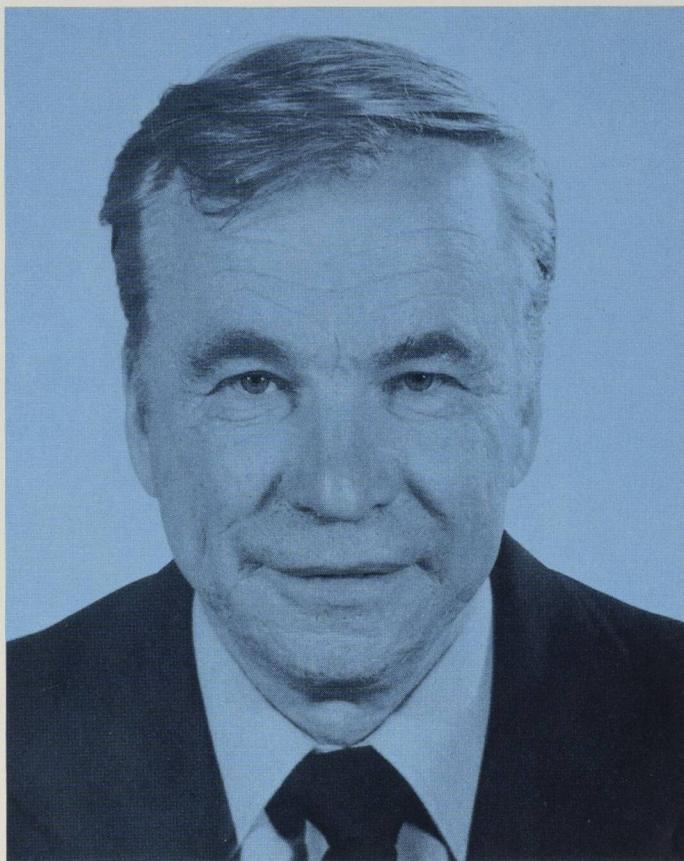
"Secondly, we looked at the biophysics of the effect; knowing what we do about the physics of ultrasound waves, and the structures within the cell, we considered where these effects might likely take place. The membranes that surround the cell and all of its internal organelles were obvious locations to consider. After all, they're more viscous than their surroundings (and hence capable of tapping off more of the ultrasound energy), and the chemical reactions that make up muscle contraction occur on their surfaces. With this in mind, we've developed a 'model' of how ultrasound might work, and we're going ahead with experiments to verify or disprove it."

Muscle contraction, which involves several very complex mechanical-chemical events taking place in smooth sequence, begins with what are known as "trigger" calcium ions moving into the cell from the outside. Once this happens, a huge store of calcium ion in an organelle known as the sarcoplasmic reticulum explodes out into the cell; contraction, involving a complex flow of ions, a "burning up" of energy molecules, and the movement of long, columnar proteins, then takes place. This done, the calcium is swept from the cellular milieu back to its storehouse, and the cell "rests," ready for another trigger calcium inflow, and a repeat of the contraction event.

Explains physiologist George Forester: "The picture that emerged from these studies, without going into too much detail, is this: Ultrasound appears to work by enhancing the rate of trigger calcium moving through the cell's outer skin (the membrane), and also by speeding the uptake of this ion into the sarcoplasmic reticulum (the storage site). In physiological terms, this increases the 'punch' or contractility of the heart, and reduces the relaxation time, effectively increasing its working pressures."

This is basically what the drug adrenalin does to the heart, and Forester and Mortimer now believe that ultrasound acts as a "targeted dose of adrenalin." "If adrenalin is added by injection," explains Forester, "it affects all of the tissues. Ultrasound, as we apply it, affects only the heart, and the therapy can be halted immediately (as opposed to adrenalin) by simply shutting off the machine. So, if you want to boost heart performance without affecting other body organs, ultrasound is the tool to use."

One reason that the team has proceeded so quickly in a field that suffers a dearth of published material is its interdisciplinary nature. Forester provides the physiological expertise, Alan Mortimer the physics and mathematics for building and calibrating the ultrasound device, and Dr. Wilbur Keon of the Civic's Cardiac Unit the clinical experience. In the future they may use more than one of these ultrasound "transducers" and, more important, they may "pulse" the ultrasound so as to reduce the heating effects. "Today, we have a good practical application for the ultrasound effect," says Alan Mortimer, "and we are well on our way to understanding what's happening at the cellular level."



*Orest Roy, manager of the Biomedical Engineering Research Program at NRC: "clues to the ultrasound effect came from work on fuel cells."*

"It isn't every day that you hit on something of this magnitude. Scientists often work for years accumulating data that point to some larger effect, while we've started with such an effect. But we may not have time in our lives to fill in all the pieces."

For the ever-cautious research team, it's a project that epitomizes the way of science. It would be easy enough to jump ahead and attempt to exploit the therapeutic aspects of ultrasound, but it would be at the expense of a thorough understanding of what is happening. How these acoustic energies affect the physiological movement of calcium has an importance beyond simple cardiac therapy, given the ion's import in a whole range of life processes, particularly the control of cell division. "You have to proceed carefully and slowly," sums up Orest Roy. "Careful research, well thought out — that's what is needed." ☾

# Tune Your Room

*by Stephen A. Haines*

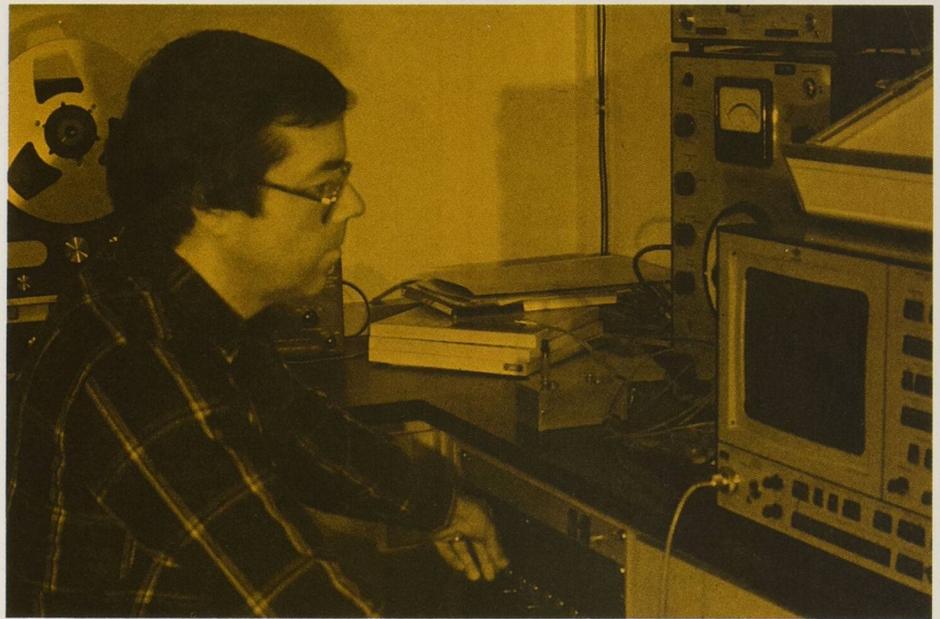


Charlie sits disconsolately before his stereo installation. He has spent hours poring over manufacturers' brochures and talking with sound equipment salesmen. Days have been expended going from showroom to showroom, listening, looking, considering. Now, with the pair of giant speakers tucked into corners of the room and their obtrusiveness camouflaged by large chairs, he is unhappy. The sound isn't right and he doesn't know why. Loud booms and irritating highs conflict instead of complement. He had chosen the best imports he could find yet they don't sound here as they did in the showroom.

According to Dr. Floyd Toole of NRC's Division of Physics, prospective loudspeaker buyers are among the most vulnerable of today's consumers. "Faced with a wealth of choices and an overabundance of information presented by sales staff motivated to direct purchasers' decisions, the buyer faces an awesome task," he says. "In the showroom his ego is at stake, his bank account is at stake, and he is supposed to make an informed choice in conditions that are far from ideal. When he has made a decision and purchased his speakers, he mustn't sit back and rest, but spend some time at home arranging the best listening conditions. The result is worth the effort — as we think our testing program has demonstrated."

Toole has been assessing speakers with instruments and human listeners for nearly 20 years. A tall man with an air of quiet intensity, he seems to evaluate each note the speakers produce. In recent years he has been concentrating on the problem of relating loudspeaker measurements to the results of listener assessments. Traditionally, the listening test has been regarded as the final arbiter of sound quality yet, without instruments, intelligent design and consistent manufacturing quality are not possible.

"Listening evaluations, of the conventional kind, result in opinions that can vary widely from person to person, leading to the popular notion that we all 'hear differently.'



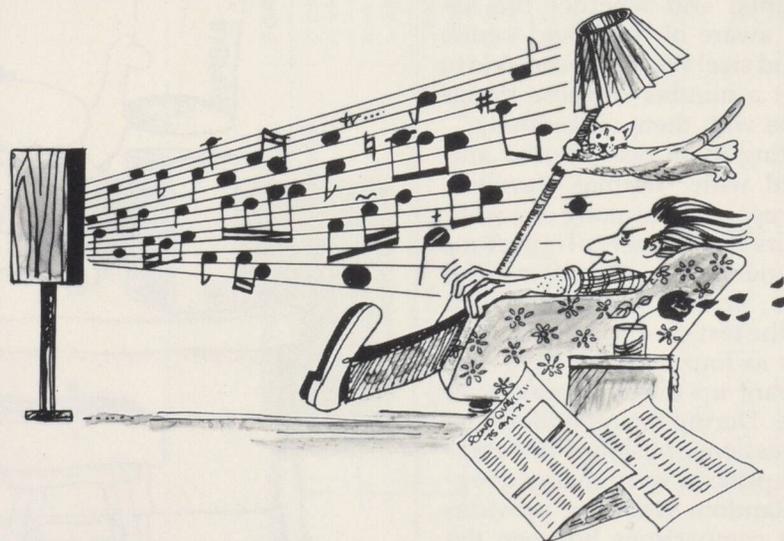
If this is the truth of the matter, then loudspeaker design is truly art rather than science. However, we were not easily deterred and set out to identify the various factors that influence listener opinion. We believed that there were some basic 'truths' that, once identified, could be used to put the whole matter of loudspeaker design and assessment on a more scientific basis."

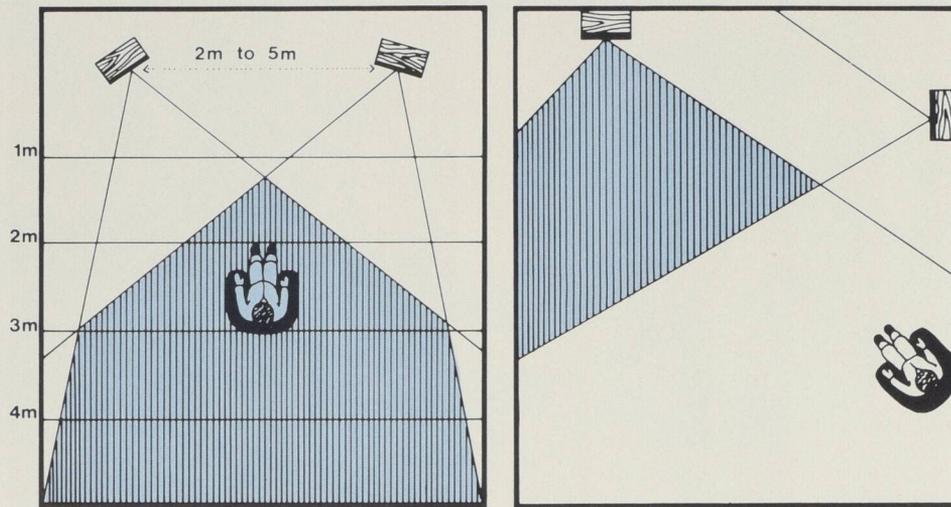
For years, speaker testing has been the domain of the anechoic chamber — a small room filled with sound-absorbing baffles. It's no place for a politician — the most pompous pronouncements fall utterly flat in the echoless environment. Yet these conditions are necessary to determine how accurately a speaker can reproduce sound. Pure tones of a particular

*Floyd Toole prepares speakers for a listening test.*

frequency are fed into the speaker and a record is made of what the speaker then produces. The tests must be made over a variety of frequencies and power levels to determine the "response curve" of the speaker over the range of audible sound. (The charts produced by these tests kept our buyer, Charlie, busy for days while he compared them in detail.) The anechoic chamber, by reducing echoes, keeps the sound reproduced by the speaker pure and undistorted.

But we don't listen to pure tones. We listen to music, full of modulations and overtones, constantly mixing frequencies that vary in intensity. Our rooms are not echo





Aili Kurrtis

Floyd Toole: "Stereo sound imaging requires a minimum separation of 2 m between speakers. The listener should be centred between them, at least that distance away. Although good sound can be obtained from randomly placed speakers, there is only one 'stereo seat' in a room."

free, and they are usually cluttered with furniture, curtains, and other influences on sound reproduction. Toole believed that these realistic conditions were necessary to a complete evaluation of a speaker and that human listeners had to be the "instruments" to judge sound quality.

"Up to now," he notes, "it has been basic to the sound industry to distrust subjective judgments of loudspeakers, and with good reason. Individual differences result in mixed opinions. Biases creep in. Even different tastes in music can influence judgment. Our work helped identify the causes of these "nuisance factors" and eliminate them. Some of these were obvious, but others more obscure; they include such things as the shape and size of the listening room, the presence of furniture and what type it is, the loudness levels, speaker placements, and whether the listener is aware of the brand name, price, and size! We have been able to pinpoint a number of these things and cope with them successfully."

A testing room was devised and equipped with "normal" furnishings — rugs, drapes along one wall, and chairs for listeners. To prevent the listeners from identifying the products, screens were placed in front of the test speakers. In the test, as many as four listeners were able to compare up to four speakers at one time. During the repetitious listening sessions, positions of listeners and speakers were changed regularly. Random switching provides constant comparisons between the

speakers during the widely varied musical program.

"Our efforts were soon rewarded and, coincidentally, we found a ready application for this new knowledge in assisting the several Canadian audio manufacturers that sprang up in the early '70s. These people came to NRC to use our facilities for product testing and design and went away with prototypes that were truly up to world standards."

In the years that followed, some absolutely first-class Canadian products found their way into the marketplace. Some of these appeared as distinctive brands, but the majority appeared under a multitude of well-known foreign brand names. Recently it was estimated that over half of the "hi-fi" speakers sold in

Canada were designed and built here. The actual dollar volume is uncertain but it is safely into the tens of millions.

The technique was given a thorough trial last year when the Canadian Broadcasting Corporation wanted to test a number of systems for installation in their sound engineering booths. A mixed group of musicians, engineers, and audiophiles (the industry's term for amateur sound enthusiasts) tested more than two dozen speaker types. The tests showed a striking consistency among the evaluators; the highest to the lowest fidelity ratings for the speakers were nearly all in close agreement. The highest ranking speakers, chosen by the CBC, include two Canadian designed and built speakers. Says Toole: "I should



John Bianchi

mention that in all of the tests we have done in the last couple of years several Canadian speakers have ranked among the top choices. And many of these have been developed with the aid of NRC facilities."

Experience with the listening room and the listener evaluation test series confirmed Toole's belief that the choice of a speaker is not simple, nor is it the final step for the consumer — even after much research into products. "Speaker placement is all-important," he warns, "and the purchaser must become an experimenter in his own right. Speakers not designed for floor mounting — and not many are — should be elevated to "ear height" for best results. Some speakers can tolerate placement against the wall, but most of today's designs should be pulled away from walls and corners and placed somewhat into the room. In certain cases, sound absorbing drapes are useful, but under no circumstances should drapes or furniture be allowed to come between the speakers and the listener.

"Stereo presents some special restrictions, in that for a properly balanced sound image the listener must be precisely the same distance from the two speakers — the 'stereo seat.' Otherwise the sound quality may be fine, but the spatial impressions will not be what were intended by the artist or the producer."

The results of the research so far are very encouraging. They indicate that people with normal hearing basically agree on the sound quality of speakers... if they are given the opportunity to listen without the distractions of bad rooms, misleading advertising information, contrived demonstrations or poor recordings. Furthermore, it seems that the speakers that sound good are the ones that measure well in certain respects. That means that we are well on the way to a scientific basis for speaker design and evaluation and, perhaps, even useful specifications.

But what can the consumer do right now? "A little homework before he enters the store," cautions Toole, "a firm but patient approach in the store's listening room, and some muscle for moving furniture at home. Then put on a record or tape and sit down and listen."

CUT

1983/4

ORDER FORM

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

NAME / NOM

TITLE / TITRE

ORGANIZATION / ORGANISME

STREET / RUE

CITY / VILLE

PROVINCE

POSTAL CODE POSTAL

COUNTRY/PAYS

**Business Reply Mail**

No postage stamp necessary if mailed in Canada

Postage will be paid by

National Research Council Canada

**OTTAWA  
CANADA  
K1A 9Z9**



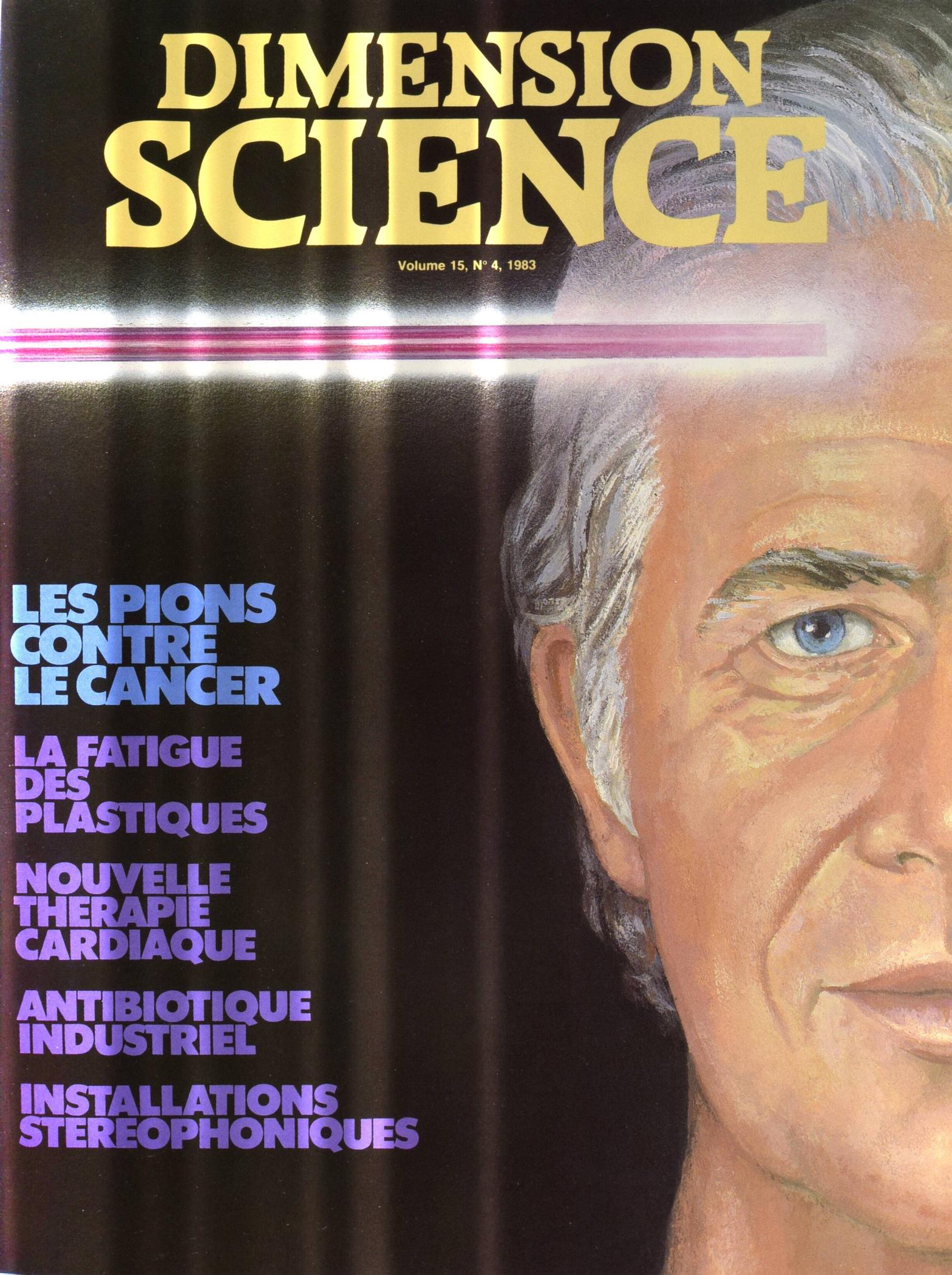
FASTEN HERE

FOLD OUT

Canada

Canada Post	Postes Canada
Bulk Third Class	En nombre Troisième classe
K1A 0A8 Canada	

# DIMENSION SCIENCE



Volume 15, N° 4, 1983

**LES PIONS  
CONTRE  
LE CANCER**

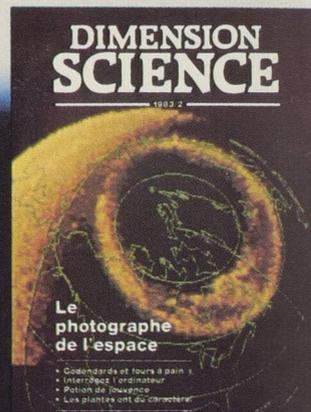
**LA FATIGUE  
DES  
PLASTIQUES**

**NOUVELLE  
THERAPIE  
CARDIAQUE**

**ANTIBIOTIQUE  
INDUSTRIEL**

**INSTALLATIONS  
STEREOPHONIQUES**

**DÉCROCHEZ  
UN  
ABONNEMENT  
GRATUIT  
D'UN AN À  
DIMENSION  
SCIENCE**



Retournez la carte-réponse de la page 31 de couverture et obtenez six numéros gratuits d'information sur les plus récentes et les plus intéressantes réalisations de la Science canadienne.





Conseil national  
de recherches Canada

National Research  
Council Canada

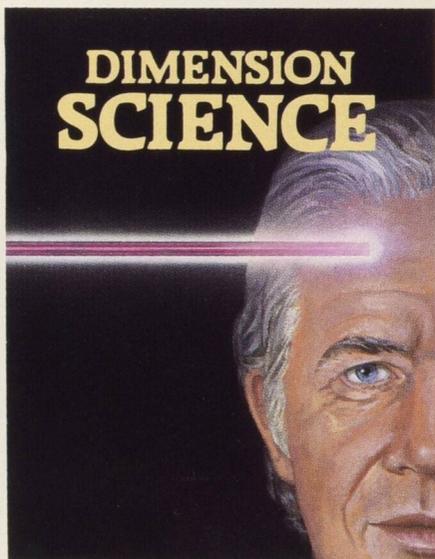
# DIMENSION SCIENCE

VOLUME 15, N° 4, 1983

Rédacteur en chef Wayne Campbell  
Rédacteur gérant Margaret Shibley Simmons  
Rédacteur arts graphiques Jean L. Richard  
Photographe Bruce Kane  
Coordonnateur de l'impression Robert Rickerd  
Production graphique Carisse Graphic Design  
Imprimé au Canada par Imprimerie Beauregard Ltée

31159-2-1019

Capsules	4
Les secrets de l'acier	8
Les pions montent à l'attaque Nouvelle thérapie anticancéreuse	12
La poule aux oeufs d'or	17
Lutte contre la fatigue des plastiques	20
Sonder les cœurs L'ultracoustique: une nouvelle thérapie	23
Installations stéréophoniques Des goûts et des sons, on ne discute pas	28



Notre couverture:

*TRIUMF, le cyclotron géant de Vancouver subventionné par le CNRC, est désormais la source d'un nouveau type de rayonnement que l'on envisage d'utiliser pour lutter contre le cancer. Les scientifiques qui travaillent avec TRIUMF espèrent qu'un faisceau de minuscules particules subnucléaires appelées pions délivrera plus d'énergie cancéricide dans les tumeurs profondes que les techniques d'irradiation classiques. Représentation artistique d'Aili Kurtis. (Voir article p. 12.)*

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

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

# Capsules

## Enterprise en visite au Canada

Quatre villes canadiennes ont pu admirer la navette prototype *Enterprise* de la NASA décrire de lentes boucles dans leur ciel en juin à son retour du Salon aéronautique de Paris. Juché sur le dos d'un Boeing 747 spécialement modifié pour le transporter, le premier vaisseau spatial réutilisable a survolé Québec, Montréal et Toronto et passé deux jours à l'Aéroport international d'Ottawa dans le cadre d'une visite de courtoisie. Dans la capitale nationale, ce sont plus de 300 000 personnes qui ont saisi l'occasion d'une vie d'admirer l'étonnant mariage d'un vaisseau spatial et d'un avion avant qu'ils ne retournent aux États-Unis.

La navette spatiale *Enterprise* revendique l'honneur d'être le plus gros planeur du monde. Son étude et construction ont demandé de nombreuses années mais il n'a jamais atteint l'étape du vol propulsé. Ramener à terre un vaisseau spatial "en vol plané" constituait une innovation hardie lorsqu'on en parla pour la première fois au début des années cinquante. Bien que les ingénieurs et les aérodynamiciens aient usé leur règle à calcul pour prouver la fiabilité du concept, il restait à en prouver la validité avec un vol d'essai. Le rôle dévolu à *Enterprise* allait valider leur idée.

Les navettes spatiales, dont les dimensions et le poids approchent ceux d'un avion commercial de taille moyenne,



n'encouragent pas les méthodes de vol des pilotes de planeurs ultralégers. C'est pourtant bien ce qu'*Enterprise* a finalement réussi en 1977 lorsqu'elle s'est séparée de son 747 porteur et a regagné sans incident les sables de la Base aérienne d'Edwards, dans le sud de la Californie. Dans le cadre de la série d'essais prévus, ce véhicule de 37 m et de 68 000 kg a exécuté cinq vols sans moteur pour préparer la voie aux autres étages orbi-

taux. Depuis ces vols planés, les navettes *Columbia* et *Challenger* ont toutes deux volé sur orbite et regagné la terre sans incident. Quatre de ces vols ont permis au Canadarm du CNRC et de Spar Aerospace de faire travailler ses muscles dans l'espace.

C'est au cours du dernier vol du mois de juin 1983 que le Canadarm plaçait pour la première fois un objet dans l'espace et le récupérait subséquemment.



## Des bulles magnétiques

Des astronomes du CNRC étudient un phénomène étrange au sein de la Voie lactée: les "bulles" magnétiques. Depuis que des scientifiques ont conclu à l'existence d'un champ magnétique dans notre Galaxie, dans les années cinquante, plusieurs modèles ont été avancés pour en décrire la structure. Un de ces modèles veut que les lignes de force du champ magnétique soient dirigées le long des bras spiraux de la Voie lactée. Selon un autre modèle plus récent, le champ galactique serait une version élargie de l'enveloppe magnétique du Soleil, soit une sphère déformée par la rotation. Jacques Vallée, de l'Institut Herzberg d'astrophysique, affirme toutefois que d'autres observations devront être faites avant que

l'un ou l'autre de ces modèles puisse être accepté. Ses recherches sur les anomalies magnétiques causées par certains groupements d'étoiles visent à préciser la structure du champ galactique.

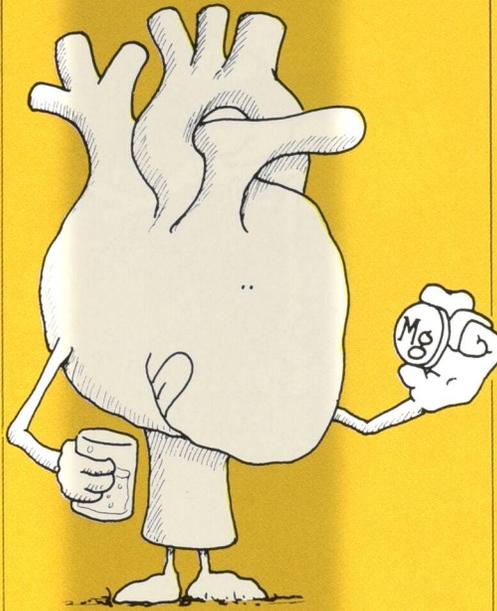
À l'aide du radiotélescope du parc Algonquin, il étudie en détail le bras de la galaxie qui renferme notre planète, la constellation d'Orion. Il y a découvert, avec l'aide de ses collègues, des "bulles" éparpillées le long des lignes de force du champ magnétique jusqu'à 1 500 années de lumière du Soleil. Ces bulles seraient causées par la pression des gaz et des particules de poussière charriés par les vents stellaires d'étoiles chaudes et émis par des étoiles géantes qui ont explosé pour former des supernovae. Ces deux phénomènes stellaires sont parmi les plus violents et ils produisent suffisamment d'énergie pour repousser la matière avoisinante comme un chasse-neige. Les gaz et les lignes de force du champ magnétique ainsi repoussés forment des "bulles" dans une structure jusqu'alors régulière. En relevant les courbes de ces bulles et en les comparant à la structure générale probable, les chercheurs peuvent vérifier les modèles proposés. Jusqu'ici Vallée et ses collègues ont localisé quatre de ces déformations dans le bras d'Orion et ils tentent d'en identifier d'autres dans les bras adjacents.

## Du magnésium dans vos céréales

Les résidents de Terre-Neuve ne s'en doutent peut-être pas mais ils partagent un trait commun avec les habitants du Japon et de la Finlande: ils ont une prédisposition élevée à l'hypertension et, par conséquent, aux maladies cardiaques. Ceci serait dû, selon John Marier, du Secrétariat de l'environnement du CNRC, à un taux élevé de sodium (Na) dans leur alimentation (sous forme d'aliments très salés, comme le poisson salé ou la sauce de soja) et aux faibles taux de magnésium (Mg) contenu dans l'eau qu'ils boivent.

Dans une récente communication, John Marier établit un lien entre la concentration de magnésium contenu dans l'eau potable et la santé cardiaque. Deux études menées aux États-Unis indiquent que les taux de décès dus à des maladies coronariennes sont plus faibles dans les villes où la teneur en magnésium de l'eau potable est plus élevée que la moyenne.

Pourquoi le magnésium contenu dans l'eau joue-t-il un rôle si important? La réponse se trouve, semble-t-il, dans la modification des habitudes alimentaires des habitants de l'Amérique du Nord et d'autres pays industrialisés. Les médecins savaient déjà qu'un certain apport de



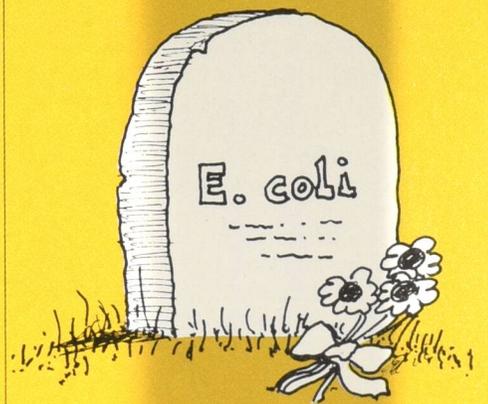
magnésium était essentiel à une bonne santé cardiaque. Traditionnellement, cet élément nous était fourni par les céréales entières mais, de plus en plus, nous les remplaçons par des aliments raffinés, comme le riz poli, la farine et le sucre blanc, et par d'autres féculents d'origine non céréalière qui ont une faible teneur en magnésium, à tel point qu'aujourd'hui l'apport de magnésium du régime alimentaire d'une grande partie de la population mondiale se situe entre le minimum nécessaire et 50% de la dose recommandée. (Le raffinage du sucre de canne lui fait perdre jusqu'à 99,9% de sa teneur en Mg; le polissage du riz lui en enlève 83,3%; le blanchiment de la farine, 96%.) Seuls les taux plus élevés de magnésium dans l'eau potable permettent de compenser cette carence généralisée.

Aux problèmes résultant d'une carence en magnésium s'ajoutent, à Terre-Neuve, au Japon et en Finlande, ceux créés par une alimentation riche en sodium ou en calcium. La santé de notre cœur dépend en effet de l'équilibre entre les taux de ces deux derniers éléments et celui du magnésium. Des études menées dans différentes parties du monde ont permis de lier les taux de décès dus à des maladies coronariennes à un rapport élevé du calcium au magnésium (Ca/Mg) dans le régime alimentaire et de montrer qu'un excès du premier ou une carence du second peuvent entraîner une maladie cardiaque.

Marier termine sa communication en recommandant fortement d'incorporer des suppléments de magnésium au régime des Terre-Neuviens, des Japonais et des Finlandais pour réduire le rapport du sodium au magnésium (Na/Mg) dans leur alimentation. Il suffisait d'y penser.

## Dose fatale d'insuline

Si les ingénieurs généticiens ont un rêve en commun c'est bien celui de créer un micro-organisme qui mettrait tout en oeuvre pour exécuter les instructions génétiques qu'ils introduisent dans les gènes au moyen des nouvelles techniques de recombinaison de l'ADN. La grosse difficulté, en particulier avec les organismes supérieurs comme les levures, a en effet été jusqu'ici d'amener des micro-organismes à "exprimer" des gènes greffés ou, comme diraient les scientifiques, de les "mettre en valeur". Il semble que des chercheurs de la Division des sciences biologiques du CNRC aient maintenant découvert le micro-organisme aveuglément obéissant qu'ils recherchaient. Il s'agit de l'*E. coli*, dans le matériau génétique duquel on a inséré le gène de l'insuline humaine qui synthétise une si grande quantité de cette protéine qu'il se suicide littéralement en se noyant dans la substance étrangère. Des photomicrographies électroniques des bactéries montrent des taches sombres très étendues correspondant à l'hormone à l'intérieur des cellules. Ces cellules sont beaucoup plus grosses que des bactéries normales et, d'après le Dr Ross Colvin, qui est expert dans l'interprétation de ce genre de photos, elles ne paraissent pas saines et semblent incapable de se reproduire. Les régions sombres représentent une masse de matériaux qui est insoluble dans les fluides cellulaires, ce qui correspond bien à ce que les scientifiques connaissent de leur gène hormonal, dit-il. Pour empêcher que les enzymes de



défense de la bactérie ne dégradent l'insuline (n'oublions pas que c'est un matériau étranger), on greffe le gène de l'une des protéines de la bactérie sur le gène hormonal, créant une grosse protéine hybride qui est insoluble. Le système de défense reconnaît suffisamment l'"appartenance" de la constituante hybride à la cellule pour ne pas l'attaquer.

Cependant, selon le Dr Saran Narang, le chimiste qui, avec le Dr Ray Wu, de l'Université Cornell, a mis au point cette bactérie modifiée, le secret de leur réussite tient aux autres déterminantes génétiques qui accompagnent le gène de l'insuline. Après tout, il est un peu plus compliqué d'inciter une bactérie à produire une protéine étrangère comme l'insuline que de se contenter d'introduire le gène par la paroi extérieure de la bactérie et de laisser la nature faire le reste. Au lieu de cela, on introduit d'abord les gènes intéressants dans les boucles naturelles appelées plasmides d'ADN bactérien (d'où le terme d'"ADN recombiné"); ces véhicules sont ensuite renvoyés au micro-organisme où les gènes font fonction de matrice pour la production de protéines. Afin d'inciter le mécanisme de transcription de la bactérie à opérer, le gène doit se trouver en présence de ce qu'on nomme



**E. coli**

un segment "promoteur" d'ADN. Celui-ci est généralement situé juste en avant du gène et se comporte comme une lumière clignotante lorsqu'il est libéré des molécules qui masquent en quelque sorte son éclat; c'est le signal pour le système de transcription de se mettre à l'oeuvre. Plus

le "clignotement" est insistant — plus le promoteur est puissant — et plus la quantité de protéine produite est élevée.

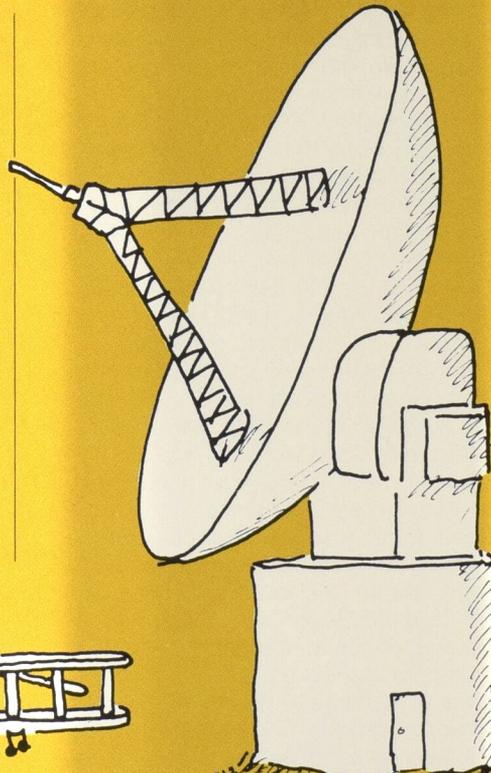
Mais, si nous laissons la bactérie se dépenser pour nous donner de l'insuline, allons-nous tuer la poule aux oeufs d'or? Il n'y a pas de danger si nous prenons la précaution de garder une provision constante de bactéries "de semence", explique Narang. Ces bactéries se développent et se multiplient comme un *E. coli* normal, et ne commencent à produire l'hormone que lorsque l'ingénieur généticien enlève le masque du promoteur. Ainsi, on alloue une période de croissance et de reproduction normales à la bactérie modifiée avant que l'ordre génétique fatal ne soit donné.

Le Dr Narang ajoute que le CNRC utilise aussi d'autres micro-organismes modifiés, dont une espèce de levure, pour la production d'insuline.

## Le radiotélescope de 46 m fait peau neuve

Bonne nouvelle pour les scientifiques de l'Observatoire radioastronomique d'Algonquin du CNRC: le radiotélescope de 46 m fera peau neuve. Une étude technique a en effet été approuvée pour refaire la surface du disque parabolique.

La performance d'un radiotélescope repose sur la géométrie précise de sa surface. Peu de temps après que la construction du radiotélescope d'Algonquin fut achevée, en 1966, des ingénieurs et des techniciens ont vérifié sa surface à l'aide d'instruments topographiques. Cette méthode, qui consiste à vérifier des points individuels de la surface, était la meilleure à l'époque. Les régions entre ces points



n'ont toutefois été vérifiées que l'automne dernier, grâce à une nouvelle technique appelée holographie par satellite qui a permis aux scientifiques du CNRC d'obtenir des courbes de niveau de l'ensemble du disque. Ces courbes, semblables à des levés topographiques, ont révélé des différences de niveau jusqu'à 4 mm à la surface du disque, ce qui représente un écart considérable par rapport aux normes de l'antenne.

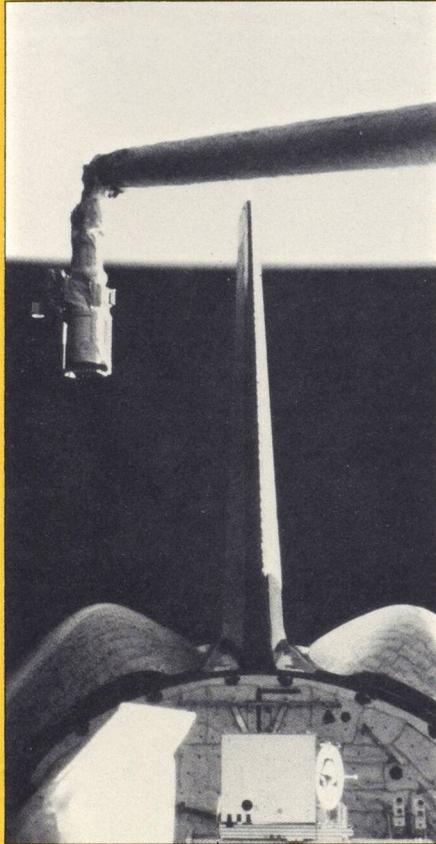
Une fois la surface refaite, le radiotélescope de 46 m pourra balayer le ciel à des longueurs d'ondes dix fois inférieures à celles initialement prévues, soit 3 mm au lieu de 3 cm, et capter ainsi les émissions radio de molécules interstellaires. Une telle capacité permettra d'ouvrir un champ d'exploration nouveau en radioastronomie.



## L'allonge du Canadarm

Le Canadarm, c'est-à-dire le bras télémanipulateur conçu et construit par le Canada pour la navette spatiale de la NASA, aura des retombées dans l'industrie de la robotique. Le Conseil national de recherches et Diffracto Ltd., de Windsor, dans l'Ontario, sont convenus de mettre conjointement au point un système de "photogrammétrie en temps réel" pour la manipulation des pièces et des matériaux qui alimentent les chaînes de montage.

Cette technologie s'inspire d'un concept du CNRC pour la mise en oeuvre et la récupération d'équipements dans l'espace. En asservissant les commandes manuelles du bras à un ordinateur de bord de la navette, l'opérateur est en mesure de connaître la position de la charge utile, même en l'absence de contact visuel. Le système a été mis au point à



l'origine par le CNRC et Leigh Instruments, d'Ottawa, et doit être utilisé au cours de futures missions de la navette. Suite à l'accord passé avec Diffracto, le système pourra trouver des applications sur le carreau de l'usine en permettant aux robots industriels de localiser des pièces et de s'en saisir pour les placer ailleurs ou les assembler.

L'accord prévoit une étude de marché intensive des fabricants de bandes transporteuses, des constructeurs d'automobiles, des fabricants de robots industriels et de l'industrie aérospatiale. Après cela et la mise au point d'un prototype dans les laboratoires du CNRC, un dispositif sera construit et adapté à l'environnement industriel. Le premier système opérationnel devrait faire son apparition dans les usines vers la fin de l'année 1985. D'importants constructeurs d'automobiles américains et européens ont déjà manifesté leur intérêt.

## L'épreuve du feu

Des chercheurs de la nouvelle Station de recherche sur la prévention des incendies d'Almonte, dans l'Ontario, viennent de terminer une série d'essais ayant pour but de vérifier un modèle mathématique servant à prédire le comportement au feu des matériaux lors d'un incendie. Pour ce faire, ils ont soumis deux types de briques isolantes à 17 essais normalisés d'exposition au feu.

Ce nouveau modèle est destiné aux ingénieurs et aux architectes et il est donc beaucoup plus simple que la formule mathématique du transfert de chaleur utilisée par les spécialistes de la recherche sur les incendies. Il vise à faciliter le travail des concepteurs en leur permettant de prédire le comportement de diverses configurations de bâtiments et combinaisons de matériaux lors d'un incendie. Jusqu'ici, si l'on se fie à l'analyse détaillée de 13 des 17 essais, il semble avoir subi l'épreuve du feu avec succès.

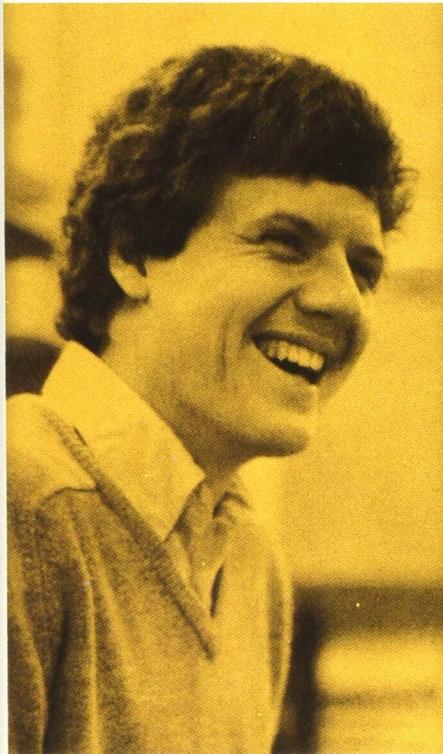


# Les secrets de l'acier

par Stephen A. Haines et Michel Brochu  
Adaptation française: Line Bastrash

Qui aurait pensé que le métal pouvait communiquer ses secrets les plus intimes? Depuis les temps anciens, les fabricants de pièces métalliques ont cherché à connaître la structure interne de leurs produits. La seule méthode à leur disposition à l'époque, le sectionnement et l'examen *de visu*, était peu pratique car elle entraînait la destruction du produit. Les méthodes modernes, qui font appel aux rayons X ou aux ultrasons, permettent d'examiner l'intérieur d'une pièce de métal sans l'endommager mais elles sont relativement coûteuses et requièrent un équipement complexe et une analyse poussée. Une méthode plus simple a toutefois été mise au point récemment par M. François Nadeau, physicien travaillant à l'Institut de génie des matériaux (IGM) du CNRC, à Montréal. Elle fait intervenir un circuit électronique qui permet de détecter les défauts internes du métal.

La réalisation de Nadeau venait en réponse à un problème soumis par la société Stelco Inc., qui fabrique des boulets pour broyeurs. Des millions de gros

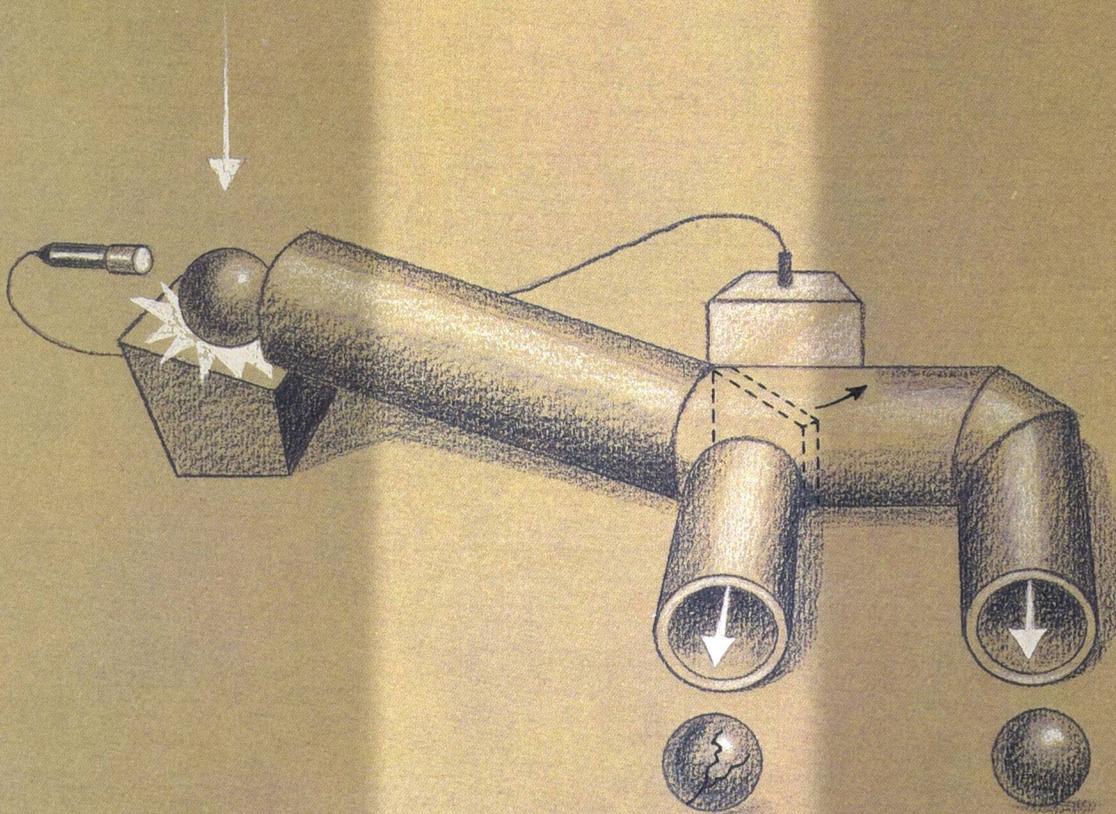


Louise Pelland

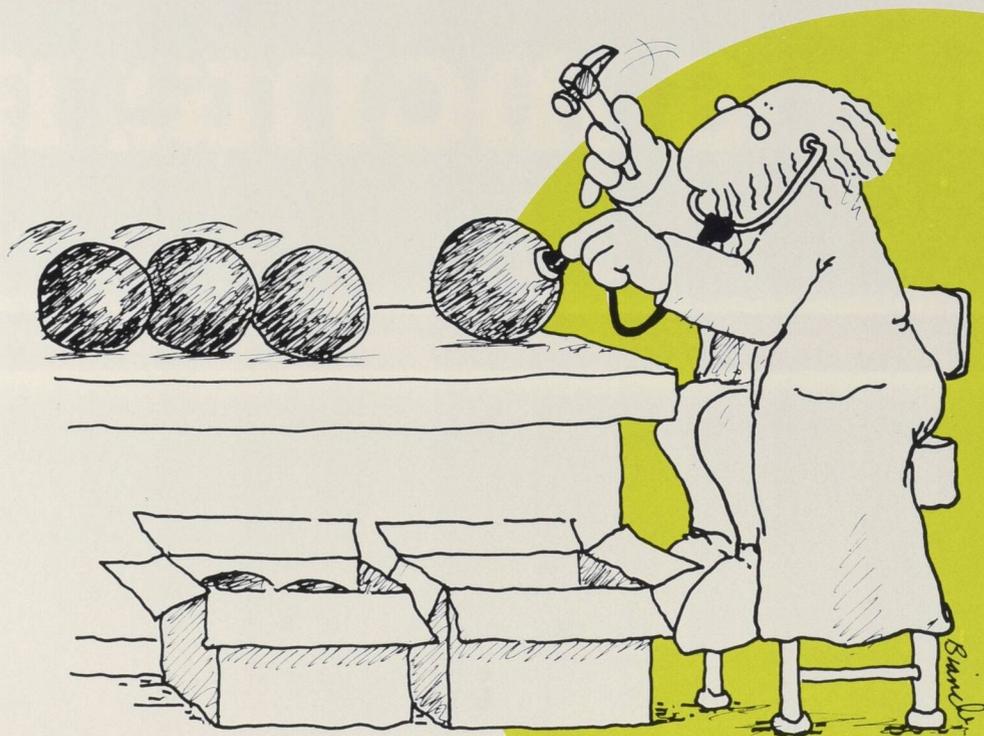
*François Nadeau, dans son laboratoire de l'Institut de génie des matériaux, près de Montréal.*

boulets en acier trempé sont utilisés par l'industrie métallurgique canadienne chaque année pour broyer le minerai et l'usine Stelco d'Edmonton est l'un des plus importants fabricants de boulets d'acier du Canada (environ 25% de la production totale). Le problème survient lorsque certains de ces boulets, qui culbutent avec le minerai rocheux dans de grands tambours cylindriques, se heurtent et se brisent à leur tour. Les boulets, dont le diamètre varie de 5 à 15 cm, sont exposés à un bombardement constant et une fêlure ou un défaut de fabrication peut provoquer leur éclatement. Les boulets cassés réduisent le rendement du broyeur et obligent le fabricant à interrompre les opérations pour enlever les fragments, tâche fastidieuse qui augmente le coût de production. La Stelco a donc demandé à François Nadeau, de l'IGM, de mettre au point une méthode simple et économique pour trier les boulets fêlés dès leur sortie de la chaîne de fabrication.

En étudiant le problème Nadeau a remarqué que, lors du contrôle de qualité, les inspecteurs d'Edmonton prennent des boulets au hasard sur la chaîne de fabrication et les font se heurter les uns contre les autres dans un appareil spé-



*Un circuit électronique permet de détecter rapidement les boulets fêlés à leur sortie de la chaîne de production en comparant le son qu'ils produisent en tombant à celui d'un boulet intact.*



cial. S'ils trouvent un nombre inacceptable de boulets défectueux lors de l'échantillonnage, ils doivent trier le lot entier à la main, tâche énorme si l'on considère que Stelco fabrique plus de vingt millions de boulets par année.

Lors du triage, l'inspecteur choisit deux boulets au hasard et les frappe l'un contre l'autre. Comme une cloche fêlée, un boulet défectueux rend un son différent de celui d'un boulet intact, différence qui est perceptible à l'oreille exercée de l'inspecteur. Se fiant à cet indice fourni par la Stelco, Nadeau a dès le début concentré ses efforts sur la mise au point d'une méthode de triage acoustique. Lors d'essais dans une "chambre sourde" (chambre servant aux essais acoustiques) de la Division de physique du CNRC, à Ottawa, il a noté que les boulets non fêlés émettent, en se heurtant, un son inaudible à l'oreille humaine, à des fréquences de 40 à 50 kHz, tandis que les boulets fêlés produisent un son audible, entre 10 et 15 kHz. François Nadeau venait de trouver la solution: il suffisait de concevoir un circuit électronique qui reconnaîtrait les signaux acoustiques produits par les boulets fêlés et qui permettrait de les séparer des boulets intacts. Un prototype fut fabriqué à partir des résultats de son travail de recherche: on laisse tomber les boulets, un à la fois, sur un bloc d'acier, incliné pour obtenir l'angle d'impact re-

cherché, où ils produisent un signal acoustique (une vibration sonore) qui est analysé par le circuit électronique (qui "décide" si le boulet est intact ou défectueux) dans l'espace d'environ un centième de seconde, ce qui est suffisant pour déclencher, au bout de la chaîne, l'ouverture d'une trappe permettant de récupérer les boulets défectueux en vue de leur recyclage et de ne garder que les boulets intacts.

Encouragé par les essais en laboratoire, l'IGM a déposé une demande de brevet pour sa méthode de triage acoustique et la Stelco a mis en place un prototype du trieur à son usine d'Edmonton pour procéder à des essais à l'échelle industrielle. Lorsque ces essais seront terminés, la Stelco espère qu'elle pourra tester chacun des boulets de sa production plutôt que quelques échantillons. S'il est adopté par d'autres fabricants de boulets, le nouveau système de l'IGM permettra à l'industrie canadienne d'économiser jusqu'à un million de dollars par année. Plus besoin de trier les boulets à la main... ou à l'oreille. ☾

# Les pions montent à l'attaque

## Nouvelle thérapie anticancéreuse

par Bill Atkinson  
Adaptation française: Line Bastrash

TRIUMF, le cyclotron géant de Vancouver subventionné par le CNRC, est désormais la source d'un nouveau type de rayonnement que l'on envisage d'utiliser pour lutter contre le cancer. Les scientifiques qui travaillent avec TRIUMF espèrent qu'un faisceau de minuscules particules sub-nucléaires appelées pions délivrera plus d'énergie cancérigène dans les tumeurs profondes que les techniques d'irradiation classiques.

**L**e cancer du cerveau est l'une des formes les plus meurtrières de cette maladie car la plupart des personnes atteintes meurent dans les trois mois qui suivent le diagnostic. Des autopsies ont révélé des tumeurs cérébrales occupant jusqu'aux trois-quarts du volume du crâne humain. Bien que le cancer du cerveau ne représente que 1,5% de l'ensemble des nouveaux cas de cancer diagnostiqués en Amérique du Nord, il est responsable de 2,4% des morts résultant de cette maladie, ce qui correspond, proportionnellement, au double du premier pourcentage.

Une tumeur qui se développe à l'intérieur du cerveau jouit de conditions de croissance presque idéales. Les milliards de cellules nerveuses qui constituent l'ordinateur central du corps humain reçoivent tout ce dont elles ont besoin pour mener à bien leurs fonctions vitales: oxygène de première qualité, chaleur et nourriture, en plus de la protection que leur

assure une boîte crânienne formée des os les plus durs du corps. Une cellule cancéreuse qui se forme ou s'infiltré dans ce riche milieu peut se reproduire dans des conditions idéales. Pis encore, elle peut se reproduire sans compétition puisque nous naissons avec, pour ainsi dire, la totalité de nos cellules nerveuses, les neurones étant parmi les rares types de cellules humaines qui ne se divisent pas une fois que leur nombre est complet. Le fonctionnement de notre cerveau dépend d'un délicat réseau de circuits et d'interconnexions entre ces cellules nerveuses et si celles-ci se divisaient, ce réseau serait continuellement à refaire.

La prolifération des cellules cancéreuses à l'intérieur du cerveau entraîne des conséquences désastreuses. Détournant à leur profit les nutriments qui arrivent au cerveau, elles se reproduisent rapidement et compriment inexorablement les tissus sains avoisinants contre les parois du crâne. Au début, ce processus insidieux est relativement indolore; le patient se plaint à son médecin d'un ensemble de symptômes apparemment non reliés: vision affaiblie, mémoire déficiente et, parfois, perte de la sensibilité gustative. Ce n'est que grâce aux images fournies par de nouvelles techniques comme la tomographie par émission de positrons que l'on peut déceler l'anomalie. D'autres tests permettent de confirmer le diagnostic. Treize semaines plus tard, la victime moyenne sera décédée.

*L'utilisation du cyclotron TRIUMF de l'Université de la Colombie-Britannique permet d'accroître la quantité d'énergie cancérigène délivrée au sein même des tumeurs profondes.*

Ne peut-on rien faire pour ces malades? Au cours des dernières années, d'autres formes de cancer ont graduellement reculé devant les progrès de la Science. Il est maintenant possible d'obtenir des taux de guérison de presque 100% pour certaines formes de cancer de la peau et de ralentir suffisamment le développement de cancers dits 'incurables' pour prolonger la vie d'un patient de quelques précieuses années. Mais la plupart des techniques utilisées pour traiter le cancer dans les autres parties du corps, c'est-à-dire la chirurgie, la radiothérapie et la chimiothérapie, s'avèrent pour ainsi dire inopérantes dans le cas du cancer du cerveau car il bénéficie des défenses naturelles érigées par l'organisme pour protéger ses précieuses cellules grises. La chirurgie n'est utilisée qu'en dernier recours parce qu'elle nécessite la trépanation, l'aspiration de la poussière d'os et des fragments, l'incision de l'enveloppe antiseptique appelée dure-mère et, finalement, le repérage et l'ablation du carcinome. Il s'agit d'une opération pénible, à la fois pour le médecin et le patient et, même lorsqu'elle est réussie, elle laisse souvent le patient gravement handicapé et aussi près de la mort qu'il l'était auparavant. En outre, il suffit qu'une seule cellule cancéreuse ait été laissée en place pour que la tumeur se développe à nouveau. La chirurgie elle-même contribue parfois à la prolifération du cancer qu'elle est censée combattre.

La chimiothérapie du cerveau se bute à une barrière naturelle extrêmement sensible qui bloque littéralement l'entrée à presque toutes substances chimiques étrangères. Pour franchir cette barrière, les médecins doivent parfois injecter ces substances directement dans la tumeur, mais cela équivaut à rien de moins qu'une autre forme de chirurgie. Le simple fait d'introduire une seringue dans le cerveau peut contribuer à la prolifération du cancer.

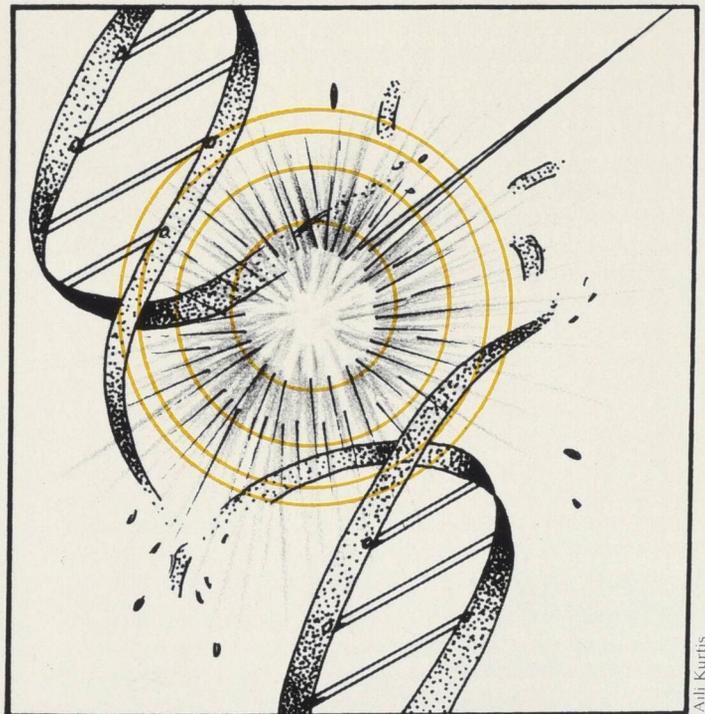
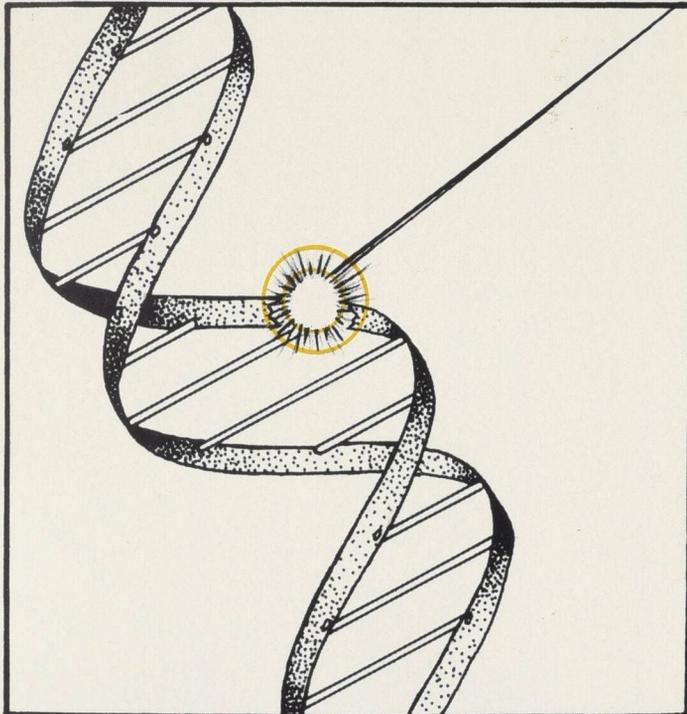
Reste la radiothérapie, qui fait appel à des éléments radioactifs possédant des noyaux atomiques instables qui se désintègrent pour former des atomes stables en émettant des rayons X ou des particules. Les particules issues de cette désintégration et mises en contact avec des tissus vivants tendent à perturber leur matériel génétique, l'ADN, détruisant ou lésant les cellules

irradiées dès qu'elles essaient de se reproduire. Comme les cellules cancéreuses se divisent plus fréquemment que les cellules normales, elles sont affectées plus sérieusement par l'irradiation, et c'est exactement ce qui se produit dans les tissus mous, particulièrement lorsque la tumeur se trouve près de la surface. Le traitement par irradiation classique s'avère donc une arme efficace contre de nombreuses formes de cancer.

Toutefois, la situation est différente lorsque l'on a affaire à une tumeur logée profondément dans le cerveau. L'irradiation classique délivre la plus grande partie de son énergie cancéricide dans les premiers centimètres de tissu qu'elle traverse et affecte peu les cellules cancéreuses situées dans la cavité crânienne et protégées par l'écran osseux. Pour exposer la tumeur à des niveaux de radiations suffisants, l'on doit soumettre le cerveau et les cellules osseuses saines à des doses de radiations dangereusement élevées. Il en résulte deux risques opposés: trop irradier les tissus sains ou insuffisamment la tumeur. Et, comble de malheur, les cellules cancéreuses sont beaucoup moins sensibles aux radiations classiques que les cellules saines. Certains scientifiques croient que cela est dû à la croissance extrêmement rapide des tumeurs à l'intérieur du cerveau. Celles-ci se développent si rapidement qu'elles épuisent leurs réserves de nutriments: les cellules situées au centre de la tumeur sont mal oxygénées. Cette 'hypoxie', croit-on, contribuerait à réduire l'effet cancéricide des radiations classiques.

La découverte d'une nouvelle forme de rayons ionisants par des chercheurs et des techniciens de TRIUMF, à Vancouver, apporte toutefois une lueur d'espoir pour l'éradication des tumeurs profondes. Ces rayons peuvent traverser les tissus sains sans les affecter et "explorent" à l'intérieur même de la tumeur. En outre, les dommages qu'ils causent à l'ADN des cellules cancéreuses sont beaucoup plus graves que ceux des radiations classiques. Les particules qui entrent dans ce nouveau type d'irradiation sont des mésons pi ou pions. Le Dr Gabriel Lam, de TRIUMF, étudie leur action cancéricide.

"Les rayons X et les particules émis par les isotopes radioactifs qui se désintègrent", explique le Dr Lam, "décourent



1 — Des grenades anticancer: À gauche: Les méthodes d'irradiation classiques utilisent diverses particules (à l'exception des mésons) engendrées par la désintégration d'isotopes radioactifs comme le cobalt 60, ou les rayons X. Lorsque ceux-ci entrent en contact avec l'ADN à l'intérieur d'une cellule cancéreuse, ils l'entaillent proprement de sorte que la cellule peut réparer les dégâts avec des enzymes spéciales. La désintégration des pions (à droite) a par contre l'effet d'une grenade... ou d'une petite bombe atomique. L'ADN du noyau cancéreux est totalement mis en pièces et la cellule ne peut pas se reproduire.



John Bianchi

l'ADN cellulaire sans bavure, comme des ciseaux, alors que les pions le mettent en pièces comme une grenade. Les cellules cancéreuses peuvent mobiliser des enzymes pour réparer la plupart des dommages causés à la chaîne d'ADN par la désintégration des particules mais elles sont impuissantes devant la force destructrice des pions." (Voir figure 1.)

Lam et ses collègues travaillent au centre de traitement attaché au plus grand cyclotron du monde, l'accélérateur TRIUMF. Situé à proximité de l'Université de la Colombie-Britannique, celui-ci accélère des ions hydrogène à des vitesses proches de celle de la lumière au cours d'un parcours en spirale. À un point précis du parcours, les techniciens de TRIUMF ont placé un morceau d'une mince feuille de métal qui capte les électrons de quelques-uns des ions, modifie leur charge et dirige le faisceau de particules, qui se compose maintenant de protons purs, à l'intérieur d'un tube et tangentiellement à la spirale antérieure vers une cible de carbone ou de béryllium. Les protons s'y écrasent et engendrent des pions. Ceux-ci continuent leur course vers le centre de traitement et servent à irradier des patients atteints de tumeurs profondes du cerveau ou du bassin (figure 2).

Le Dr Lam explique l'effet cancéricide des pions: "Les pions ont ce que nous appelons une 'action en profondeur': ils causent moins de dommages que les radiations classiques aux tissus sains situés sur leur parcours et délivrent jusqu'à 40% plus d'énergie à l'endroit même de la tumeur. Comme nous savons à quelle vitesse les mésons pi se déplacent et que nous connaissons leur durée de vie, nous pouvons calculer le point exact où ils deviennent suffisamment instables pour réagir fortement avec les tissus environnants. Nous plaçons alors le patient de telle façon que les pions qui 'explosent' causent le plus de dégâts possibles au sein de la tumeur."

Pourquoi les pions ont-ils un effet aussi destructeur à la fin de leur courte vie? Gabriel Lam nous répond: "Parce qu'ils sont absorbés par un noyau adjacent et le rendent instable. Cette instabilité entraîne sa fragmentation, de sorte que l'effet du pion est tout à fait comparable à celui qu'aurait une petite bombe atomique placée à l'intérieur du carcinome avec, en plus, l'effet des radiations classiques qui vient s'ajouter à celui de l'explosion initiale." (Voir figure 2.)

Pour maintenir le patient sur le trajet précis des pions, le groupe de Lam fabrique d'abord par un procédé thermoplasti-

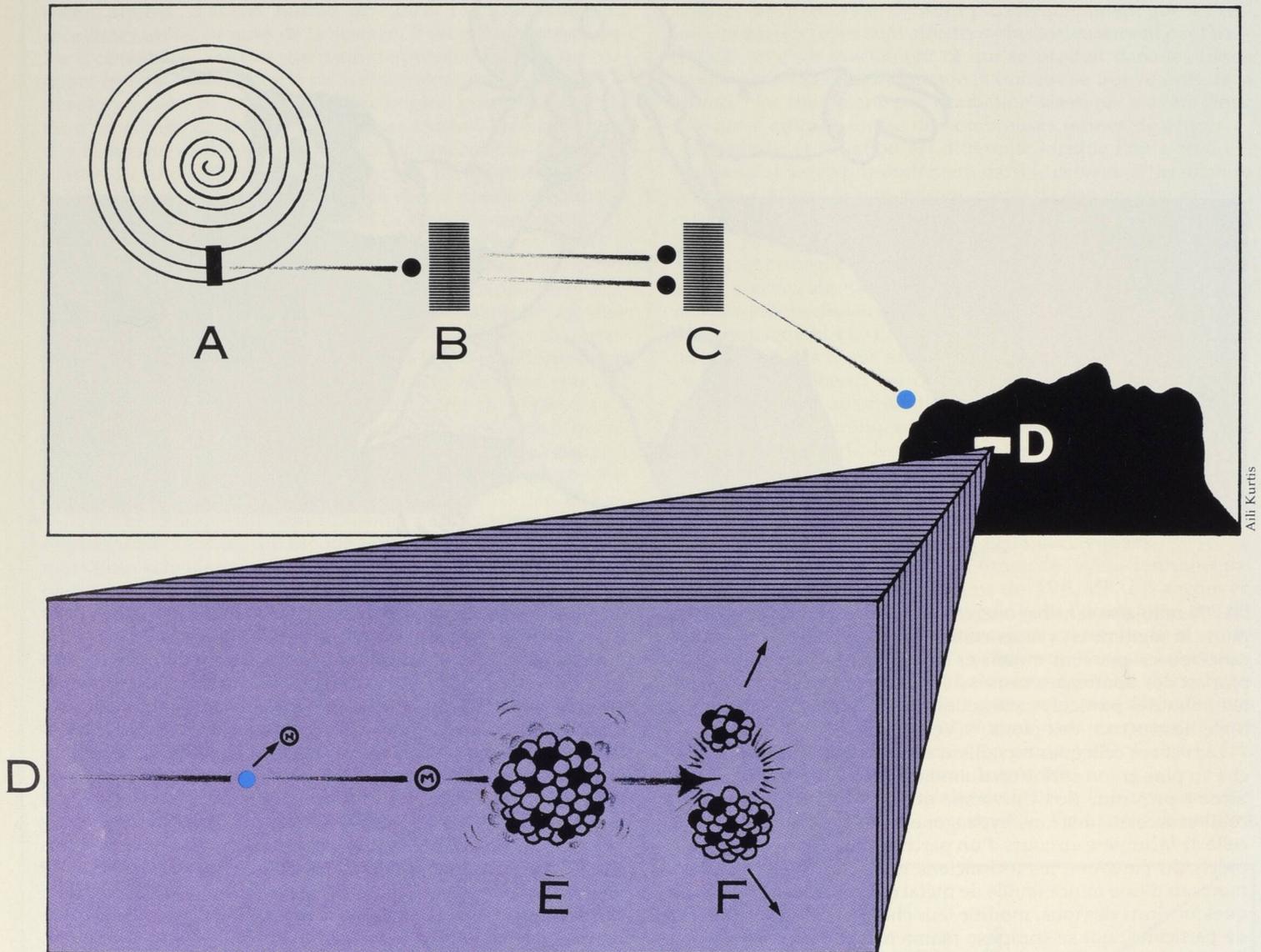
que un moule de la région affectée, hanche ou tête, allant comme un gant au malade et interdisant tout mouvement. La durée d'exposition du patient au faisceau de pions est limitée à vingt minutes par séance. Ce ne sont aucunement les risques de surexposition qui imposent cette durée, l'intensité du faisceau n'étant pas suffisante pour cela, mais plutôt le souci de veiller au confort du patient, à qui il est en effet difficile de rester immobile pour une plus longue période de temps.

La théorie de l'action en profondeur a été avancée au début des années 70, lors de la construction de TRIUMF, et le programme d'essais existe depuis presque une décennie. Une fois la ligne du faisceau mise en place, avec le centre de traitement de Lam à l'une des extrémités, des expériences ont été effectuées sur une variété de tissus vivants, allant des cellules ovariennes de hamster chinois à la peau d'une patte de souris. Finalement, le premier patient humain a été irradié au début de 1982.

Pour les thérapeutes du cancer, tout comme pour les épidémiologistes, l'efficacité d'une thérapie doit s'appuyer sur une analyse statistique rigoureuse, aussi le Dr Lam est-il prudent lorsqu'il se prononce sur les résultats obtenus à l'aide des pions dans la lutte contre ce qui est peut-être l'une des maladies les plus meurtrières qui affectent l'humanité.

"Il est encore trop tôt pour se prononcer", explique Lam avec un sourire. "Jusqu'ici, nous n'avons traité qu'une poignée de cas. Il nous faudra sans doute attendre des années avant de pouvoir déterminer avec exactitude le degré d'efficacité réelle de la thérapie pionique dans le traitement des tumeurs profondes. Mais, même si ce n'est qu'une intuition, je suis persuadé que cette forme de thérapie s'avèrera au moins aussi efficace que les méthodes d'irradiation classiques. Il n'existe pas de manuels dans ce domaine, nous rédigeons le nôtre à mesure que nous avançons dans nos recherches. Nous pouvons toutefois dire que nous n'avons pas noté d'effets secondaires imprévus et que vingt nouveaux patients sont traités tous les trois mois. Nous avons de bonnes raisons de penser que les pions s'avèreront une nouvelle arme efficace dans le traitement de cette forme particulièrement létale du cancer."

C'est l'espoir que nourrissent certainement les quelque mille Canadiens qui seront affectés de carcinomes du cerveau cette année. ☺



2 — Les pions s'attaquent au cancer: En haut, à gauche: Des ions hydrogène (protons possédant deux électrons chacun) sont accélérés à de grandes vitesses dans le cyclotron géant de TRIUMF; plus ils avancent sur leur parcours en spirale, plus ils vont vite. À un point précis du parcours on les dirige, après leur avoir fait traverser une mince feuille de métal (A) qui capture les électrons et ne laisse passer que les protons, vers une première cible (B) qui multiplie les protons, puis vers une seconde cible (C) qui produit des mésons pi ou pions, lesquels poursuivent leur course dans un tube blindé vers l'autre extrémité de l'accélérateur. Les chercheurs de TRIUMF connaissent avec une très grande précision la vitesse de déplacement et la durée de vie des pions. Ils peuvent par conséquent prédire exactement l'endroit où ces pions deviendront instables et entreront en collision avec la matière environnante pour y décharger leur énergie.

Les techniciens de TRIUMF positionnent le patient atteint d'un cancer de façon à ce que la tumeur coïncide avec la région où les pions se désintègreront. À l'intérieur de la tumeur (D), le pion émet un neutrino (minuscule particule, presque sans charge) et se change en muon. Lorsqu'il rencontre un noyau atomique au sein de la cellule cancéreuse, le muon y pénètre, est absorbé et rend le noyau ainsi capturé (E) tellement instable que celui-ci se divise (F). Cette technique permet de réduire au minimum l'irradiation des tissus sains situés entre la tumeur et la source du faisceau tout en délivrant davantage d'énergie cancérigène dans la tumeur même.

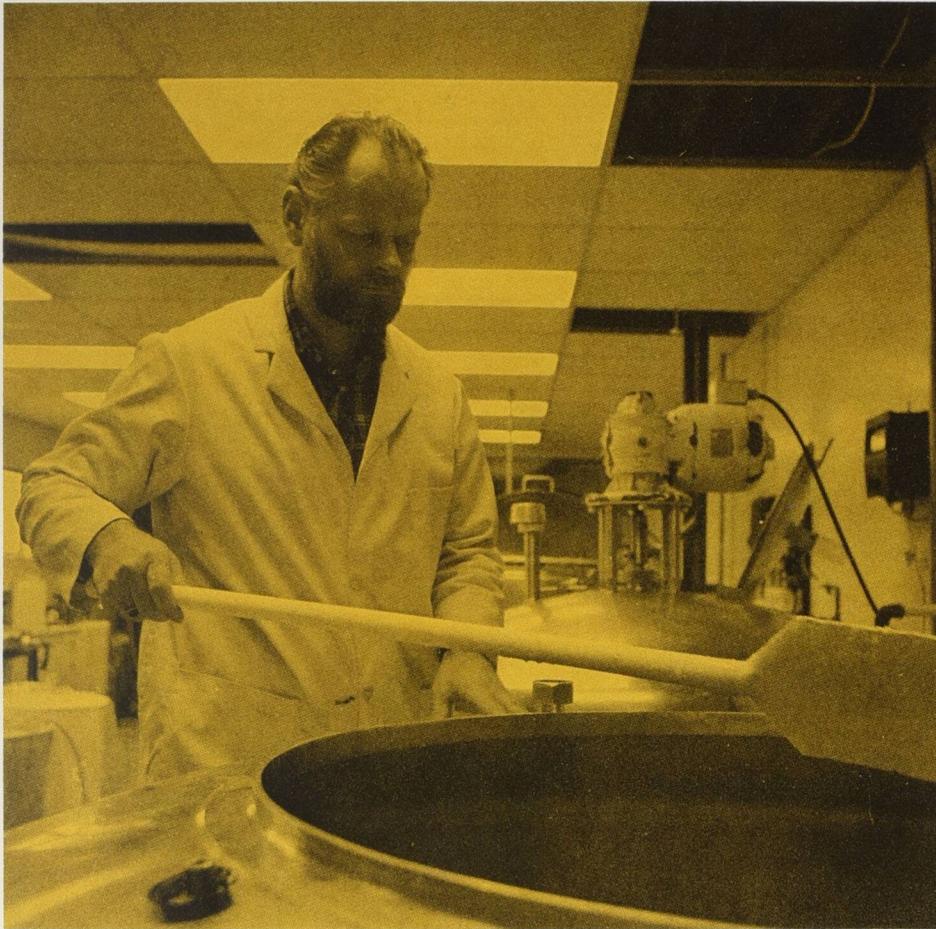
# La poule aux oeufs d'or

Notre corps contient des antibiotiques naturels. Avec l'aide du CNRC, une compagnie de la Colombie-Britannique extrait actuellement du blanc d'oeuf ordinaire une protéine qui ressemble beaucoup à l'un de ceux-ci.

**E**n commençant avec la découverte des sulfamides, la médecine moderne a créé un large éventail de composés pour combattre l'infection: la pénicilline, la tétracycline et la streptomycine en sont des exemples. Cependant, qu'ils soient synthétiques ou purifiés en partant de produits naturels, ces antibiotiques ont un grave défaut: sous l'effet de leur pression sélectrice, les bactéries qu'ils déciment au début peuvent leur devenir résistantes et communiquer cette résistance à d'autres bactéries. Ainsi, grâce à cette recombinaison génétique naturelle, des bactéries qui n'ont jamais été en contact avec de la tétracycline peuvent en faire leur petit déjeuner.

---

*par Bill Atkinson  
Adaptation française: Line Bastrash*



Bill Atkinson

Purification du lysozyme extrait à Brookside Farms, à Abbotsford, C.-B.

Il existe toutefois à l'intérieur de notre organisme des antibiotiques subtils et puissants, d'une nature radicalement différente. Ces protéines naturelles sont bien plus dangereuses pour les microbes envahisseurs que les substances synthétiques, en partie parce qu'elles ne sont mises en oeuvre qu'en quantités infinitésimales et seulement en cas d'urgence, et en partie parce que l'évolution leur a conféré une efficacité soutenue. L'interféron, qui avertit les cellules de toute attaque virale, est un exemple bien connu de ces remèdes internes. Des biochimistes sont maintenant parvenus à déterminer la séquence des acides aminés de l'interféron et des laboratoires modernes, comme celui que dirige le Dr Saran Narang du CNRC, ont isolé le gène de l'interféron humain; des bactéries ou des levures modifiées seront peut-être bientôt en mesure de produire cette curieuse substance.

Il existe un autre de ces antibiotiques naturels et c'est le lysozyme. Il s'agit d'une protéine de masse moléculaire peu élevée qui s'attaque à toute une classe de bactéries en taillant leurs membranes cellulaires jusqu'à ce qu'elles éclatent. Le lysozyme est présent dans la peau, les larmes et le mucus humains, et représente probablement l'un des moyens utilisés par notre organisme pour combattre les infections.

Les blancs d'oeufs de poulets contiennent une protéine similaire qui, si elle n'est pas identique au lysozyme humain, lui ressemble suffisamment pour se comporter comme lui. Notre organisme traite le lysozyme de poulet avec beaucoup d'égards en l'absorbant tout entier par les parois cellulaires de l'intestin, honneur insigne rarement accordé à une substance quelle qu'elle soit. Le lysozyme et les autres protéines ne sont pas détruites au cours du processus de séchage utilisé pour obtenir de la poudre de blancs d'oeufs, si bien que des compagnies comme la Brookside Farms Limited, de la Colombie-Britannique, en faisait cadeau dans chaque boîte de poudre de blancs d'oeufs et cela représentait une double perte. Pour commencer, la concentration du lysozyme ainsi livré était trop faible pour être utile et, alors que le blanc d'oeuf ne coûte que quelques cents, le chlorure de lysozyme pur se vend des centaines de fois plus cher, ce qui représente un rapport respectable pour de l'extrait d'oeuf.

Malgré cela, pour la compagnie Brookside Farms le lysozyme de sa poudre de blanc d'oeuf n'a été pendant des années qu'une curiosité biochimique. Ce qui modifia son attitude, c'est le fait qu'une grande quantité du produit était achetée par une seule nation, le Japon, éveillant sa curiosité. Qu'est-ce que les Japonais pouvaient donc bien faire avec tout ce blanc d'oeufs séché? Réponse: en extraire le lysozyme pour fabriquer des produits pharmaceutiques. Brookside était satisfaite de ses opérations mais raisonna que si elle pouvait extraire le lysozyme pendant le processus de séchage, elle encaisserait les bénéfices dont profitaient les Japonais sans contrepartie.

C'est parce que le lysozyme n'est pas d'usage courant en Amérique du Nord qu'il a fallu si longtemps à Brookside pour comprendre ce qui se passait. Le fait que la *Food and Drug Administration* (FDA) des États-Unis n'ait pas encore autorisé la consommation humaine du composé n'empêche pas les Nord-Américains d'en absorber quotidiennement des milliards de doses sous forme d'oeufs entiers ou en poudre et si les laboratoires américains et canadiens en connaissent bien les propriétés antibactériennes, les protéines du lysozyme ne sont présentement utilisées en pharmacie qu'au Japon. La FDA examine la question et pourrait bientôt se prononcer en faveur de l'utilisation thérapeutique du produit.

"En attendant, nous travaillons d'arrache-pied à la mise au point d'un nouveau procédé d'extraction du lysozyme à partir des blancs d'oeufs crus de notre actuelle chaîne de production", nous a déclaré Joan Toews, directrice générale

de la compagnie Brookside Farms. "Je ne peux entrer dans les détails mais disons que, mise à part l'extraction du lysozyme, nous n'avons presque rien changé à la chaîne. Le blanc d'oeuf, qui n'est pas autrement modifié par l'opération, passe ensuite par les autres étapes de traitement habituelles pour donner la même poudre sèche qui n'a perdu que trois parties et demie pour mille ou 0,35% de ce qu'elle avait au départ."

Pour extraire ce 0,35% représentant le lysozyme, la compagnie Brookside ajoute d'abord à sa cuve de blancs d'oeufs une "résine d'affinité" qui se présente sous la forme de petites perles transparentes. Le lysozyme se fixe sur ces perles qui sont alors filtrées et transportées plus haut vers une autre cuve. Là on détache le lysozyme, le purifie, l'assèche et l'emballe. Joan m'en fait goûter un échantillon: la poudre blanche se dissout rapidement sur le bout de la langue, y laissant un léger goût de réglisse. Je lui demande alors comment sa compagnie a mis au point le procédé d'extraction.

"Nous avons utilisé une subvention PARI-M", précise-t-elle, faisant allusion à l'un des éléments du Programme d'aide à la recherche industrielle du CNRC qui couvre 50% des dépenses de recherche industrielle engagées par les compagnies. "Le PARI nous a permis d'embaucher un biochimiste et de travailler à la réalisation de notre propre procédé d'extraction." Toews ajoute que les procédés d'extraction existants sont soit inefficaces pour les gros volumes, soit protégés par des droits de propriété industrielle. "Pour utiliser l'un de ces procédés, nous aurions dû céder la totalité de notre production au détenteur du brevet."

Le conseiller en biochimie de la compagnie Brookside est le Dr Lorne Reid, de l'Université de la Colombie-Britannique. À l'instar de la plupart de ses confrères, le Dr Reid aime bien discuter de son travail mais tout ce qu'il consent à nous dire de son nouveau procédé d'extraction est que la résine d'affinité provient d'une source inattendue.

C'est une sorte d'hybride appât-hameçon qui fournit de longs polysaccharides que le lysozyme confond avec ceux sur lesquels il se fixe dans les parois cellulaires bactériennes. Il est bien possible qu'il existe de meilleurs substrats et nous n'avons aucune raison de nous arrêter de chercher. Je doute cependant que nous en trouvions bientôt un qui nous permette d'enlever le lysozyme aussi rapidement avec aussi peu de contaminants.

N'existe-t-il pas de nouvelles techniques de génie génétique permettant d'identifier le gène du lysozyme humain, de le reproduire artificiellement et de l'insérer dans un plasmide bactérien



John Bianchi

comme on l'a fait pour l'insuline? "Oh, oui, nous maîtrisons la technologie", répond Reid. "Mais pourquoi se donner tant de mal quand la nature produit déjà du lysozyme en quantités relativement importantes dans les oeufs de poulets et qui convient très bien à l'homme? Je ne crois pas qu'il soit rentable de recourir au génie génétique dans ce cas."

Reid s'intéresse aux applications de l'extrait de lysozyme pur et travaille présentement avec un dermatologue de Vancouver pour essayer de découvrir comment la protéine pourrait accélérer le processus de cicatrisation de la peau. "Il semble", dit Reid, "qu'il existe deux moyens, l'un direct et l'autre indirect. Dans la méthode directe vous en mettez simplement dans la plaie où elle combat l'infection sans avoir recours aux ressources de l'organisme. Dans la méthode indirecte, ce n'est pas du lysozyme mais un composé inerte appelé

chitine que vous mettez dans la plaie ('ch' se prononce 'k'). La chitine sert de substrat au lysozyme humain, lui permettant peut-être de s'accumuler plus rapidement et de réparer la blessure. Nous avons peut-être découvert un processus de guérison naturelle entièrement nouveau."

Selon Joan Toews, le nouveau procédé sera mis en oeuvre pour une fabrication à pleine capacité vers la fin de l'année. "Si la FDA donne son accord, nous pourrions bientôt exporter vers les États-Unis." Après avoir satisfait à la demande des marchés existants de la compagnie, les exportations vers l'Europe et le Japon pourraient commencer. On espère atteindre le chiffre d'affaires annuel de plusieurs milliers de dollars dès l'année prochaine, ce qui n'est pas mal pour un produit dont on faisait encore tout récemment cadeau. ☺

# Lutte contre la fatigue des plastiques

par Patricia Montreuil



John Bianchi

**E**n 1981, pour la première fois en Amérique du Nord, la production de plastiques dépasse, en volume, celle de l'acier! Cette croissance phénoménale est due surtout à la variété presque illimitée des caractéristiques qui permettent aux plastiques de s'introduire dans tous les secteurs, de l'aéronautique à la construction en passant par les biens de consommation les plus courants. Il n'est donc pas étonnant que l'Institut de génie des matériaux (IGM) y consacre le tiers de ses ressources; soit un effectif de 210 personnes et plus de 25 millions de dollars. "La plupart des entreprises canadiennes spécialisées dans les plastiques ne sont pas suffisamment importantes pour investir dans la recherche", souligne le Dr Raymond Gauvin, responsable du laboratoire des plastiques de l'IGM. Pourtant, les besoins des différents secteurs de l'industrie sur les plans technique et de la recherche sont nombreux et variés. À l'IGM, on a choisi de s'attaquer aux problèmes de mise au

point de matériaux composites, de mélanges de polymères et de modélisation des procédés de transformation. De plus, une portion importante des activités de recherche portent sur l'étude du comportement à long terme des plastiques. Parmi ceux-ci, un phénomène nouveau, découlant de l'utilisation des plastiques dans des applications plus techniques, intéresse les chercheurs de l'IGM: il s'agit de la fatigue du plastique.

Chez les métaux, la fatigue est un phénomène étudié et connu depuis longtemps; on peut le prévoir et on arrive à le contrôler en utilisant des alliages variés qui résistent mieux que d'autres sous certaines conditions. La fatigue des plastiques est, par contre, une science relativement jeune et l'équipe de l'IGM est la seule au Canada à l'étudier. "Tout matériau, quel qu'il soit", explique Raymond Gauvin, "possède une capacité de charge intrinsèque. C'est donc dire que chaque matériau se comporte différemment selon qu'on le sollicite une seule fois ou de façon

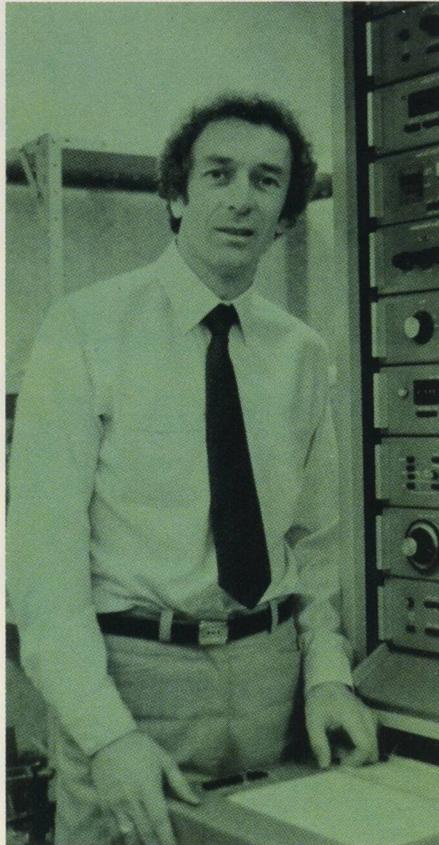
répétitive." Dans le premier cas, on parle d'essais de fatigue statiques. Si cette sollicitation du même matériau se fait de façon répétitive et variable, il s'agit alors d'essais de fatigue dynamiques. Le matériau se comporte alors de façon différente, démontrant une endurance maximale qui, dépassée, entraîne une fissure qui progresse à chaque cycle et finit par provoquer le bris de la pièce. Un exemple: une barre de plastique pliée plusieurs fois finira par briser, même si à chaque fois la charge appliquée est inférieure à la capacité de charge statique du matériau.

Essentiellement, l'équipe de l'IGM cherche à mieux comprendre le comportement des plastiques soumis à des contraintes répétées. Parce que la fatigue est un phénomène mal connu, il faut réaliser une série de tests sur une grande variété de plastiques. Devant le nombre et l'importance des essais nécessaires pour analyser l'influence de la température, du niveau de charge et de la fréquence de celle-ci sur la longévité des

plastiques, Raymond Gauvin et Jean-Pierre Trotignon, alors qu'ils étaient collègues de l'École Polytechnique il y a quelques années, ont conçu une nouvelle machine pour des essais de fatigue en flexion. Notons qu'il existe également des appareils pour des essais de fatigue en traction mais, comme de façon générale, les pièces sont surtout sollicitées en flexion, ce type d'essais a une portée pratique beaucoup plus grande. "Au Canada", explique M. Gauvin, "ces essais sont normalisés par l'American Society for Testing and Materials (ASTM). Le test normalisé ne peut admettre qu'un échantillon à la fois, ce qui limite nécessairement le nombre d'essais que l'on peut effectuer." Le principe de l'appareil qu'ils ont mis au point permet de traiter 16 échantillons simultanément, soit 4 échantillons pour chaque poste d'essais au nombre de 4. Les quatre échantillons d'un même poste sont automatiquement soumis aux mêmes conditions, ce qui permet d'obtenir une moyenne de résultats pour une condition donnée et chaque poste permet de simuler des conditions de service différentes.

Grâce à cet appareil, l'équipe de l'IGM étudie l'effet de fatigue dynamique sur des résines pures (l'addition d'adjuvants complique grandement l'étude du comportement de la résine). On sait, par exemple que lorsqu'on applique une contrainte à un échantillon de plastique, une grande partie du travail de déformation est transformée en chaleur à l'intérieur même de l'échantillon. Cette propriété est inhérente aux matériaux *visco-élastiques* que sont les plastiques. Par opposition, les matériaux *élastiques* comme les métaux reprennent la forme et le volume d'origine aussitôt que la force qui s'exerçait sur eux cesse d'agir et de ce fait ne s'échauffent presque pas.

Le plastique étant mauvais conducteur, la chaleur ainsi générée se dissipe très mal. Résultat: on observe une élévation de la température à l'intérieur de la pièce. "Si on fait une analyse mathématique du phénomène qui tient compte du niveau et de la fréquence de la déformation infligée à la pièce de même que du milieu environnant", enchaîne Raymond Gauvin, "on arrive à calculer la génération de chaleur et la température en tous points. Évidemment, cette génération de chaleur de même que la température ne sont pas uniformes; ainsi, une région plus près de la surface diffusera sa chaleur plus facilement qu'une région plus profonde." C'est en fait dans ce phénomène que réside le noeud du problème: le taux de diffusion de la chaleur dépend de la géométrie de la pièce. Dans la prédiction de la vie d'une pièce, il faut donc trouver un moyen permettant de tenir compte de



Louise Pelland

*Raymond Gauvin: "Grâce à leur étonnante diversité, les matières plastiques peuvent désormais concurrencer d'autres matériaux dans de nombreuses applications mécaniques."*

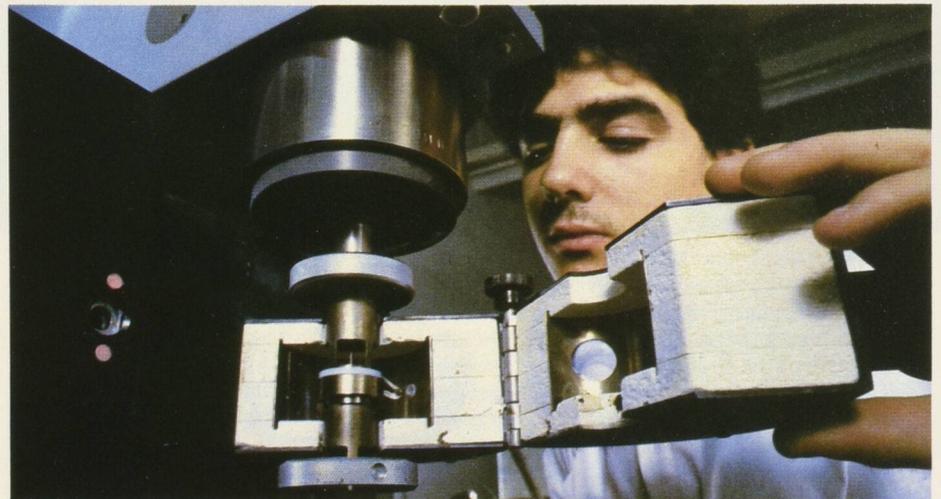
la forme de la pièce en fonction de sa capacité de diffuser la chaleur générale à l'intérieur. "C'est un problème qui n'existe pas chez les métaux, ceux-ci étant de bons conducteurs de chaleur", souligne M. Gauvin.

Puisqu'il est impossible de réaliser des essais sur toutes les formes possibles et imaginables de pièces, la modélisation sur ordinateur du phénomène de géné-

ration et de transfert de chaleur devient une obligation. C'est ce qu'ont fait les chercheurs de l'IGM. "De façon simplifiée, lorsque l'on soumet un échantillon à une contrainte donnée, le modèle mathématique nous décrit ce qui se passe au niveau de la température en tous points de l'échantillon. Avec ce renseignement et la connaissance du comportement du matériau en fonction de la température, il est donc possible de prévoir l'endroit où la fissure est le plus susceptible de démarrer. Donc, si on arrive à prédire pour une géométrie donnée qu'une fissure va se développer sous l'influence d'un certain niveau de contrainte, il est possible d'imaginer une pièce d'une géométrie différente dans un même environnement et, grâce au modèle mathématique développé, d'extrapoler son niveau d'échauffement maximal." Selon M. Gauvin, à partir de cette information, il est possible de déterminer les conditions de chargement que la pièce pourra subir sans danger de rupture. Les chercheurs de l'IGM en arrivent ainsi à prédire la vie d'une pièce à partir des "renseignements" que l'ordinateur restitue.

Bien sûr, la température de la pièce varie avec celle du milieu ambiant. Si, comme le prédit le modèle thermique, l'apparition de la fissure est liée à la température, les chercheurs pourraient, en abaissant la température du milieu ambiant, retarder son apparition. "Si on poursuit cet argument jusqu'au bout", ajoute M. Gauvin, "plus froid sera le milieu ambiant et plus l'échantillon pourra être sollicité intensément. Bien entendu, dans notre laboratoire nous pouvons manipuler ces conditions de températures; toutefois, les expériences que nous effectuons ne reflètent pas

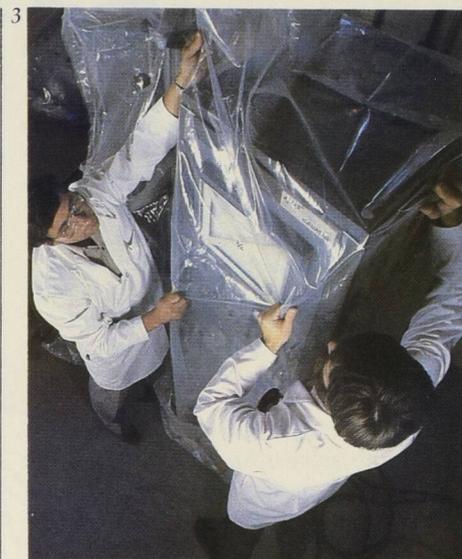
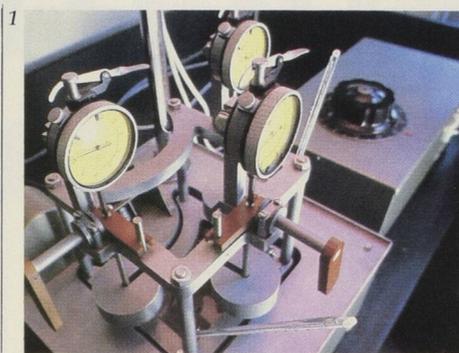
*Des propriétés comme le module de cisaillement peuvent être mesurées en faisant osciller les échantillons à l'intérieur du petit four d'un spectromètre mécanique.*



Mark Sandiford

nécessairement toutes les autres conditions d'utilisation de la pièce de plastique; des conditions autres que la température." Bref, le modèle parfait n'existe pas encore comme tous les modèles. Mais, on entend s'en rapprocher encore plus. "Nos expériences futures incluront des essais de fatigue dans des milieux différents pour vérifier plus avant la justesse de notre modèle mathématique et pour y inclure d'autres facteurs relevant du milieu", conclut M. Gauvin.

L'étude du phénomène de la fatigue du plastique n'est qu'une des voies de recherche de l'IGM visant à atteindre une utilisation optimale des plastiques. Les développements récents, tels la mise au point et l'analyse de procédés de fabrication de plastiques, les progrès réalisés dans le domaine des plastiques renforcés et le mélange des polymères en sont quelques autres exemples. L'IGM entend également mettre au point des techniques mathématiques afin de créer de nouveaux systèmes de commande automatisée pour se préparer au rôle de plus en plus important que les ordinateurs et les robots joueront dans l'industrie des plastiques. Toutes ces énergies devraient assurer à l'industrie canadienne des plastiques une place parmi ses concurrents américains, japonais et européens, dans le monde des plastiques. ☾



Mark Sandford

*Pour évaluer le rendement des matières plastiques, on provoque leur vieillissement (1), leur flexion sous une charge (2), ou leur fracture à des températures extrêmement basses. Grâce à un appareil d'analyse thermogravimétrique (3) et à d'autres équipements, les chercheurs de l'IGM peuvent suivre les modifications structurales qui interviennent dans les matériaux sur une gamme étendue de températures.*

Le terme "plastique" est généralement utilisé dans l'industrie pour désigner un mélange d'une résine (constituée de polymères de carbone) et d'un adjuvant; une substance que l'on ajoute à la résine pour en modifier les caractéristiques, notamment la souplesse et la résistance mécanique. Parmi les résines les plus utilisées aujourd'hui figurent le polyéthylène, le polystyrène, le polypropylène et le polychlorure de vinyle que l'on retrouve, entre autres, dans les carrelages et les disques; et, bien sûr, des résines qui nous sont plus familières dans le domaine des textiles: le nylon, l'acrylique, le polyuréthane et le polyester. Les utilisations courantes de ces résines sont bien connues; mais on en fait un usage de plus en plus répandu dans des applications à "saveur" beaucoup plus technique.

L'industrie automobile constitue un exemple frappant de la percée et des nouvelles utilisations des plastiques. On les

a d'abord utilisés parce qu'ils étaient moins chers et plus légers pour des applications très restreintes. Maintenant, c'est à cause de leur performance supérieure. Ainsi, en 1960, la voiture américaine moyenne n'employait qu'environ 10 kg de plastique en tout et pour tout. En 1980, on en retrouve en moyenne dix fois plus. Plus, dès 1984, la compagnie General Motors dévoilera une nouvelle voiture faite de plastiques: capot, carrosserie, portes, sièges, roues et même le réservoir d'essence. Sans compter la multitude de pièces déjà en plastique depuis longtemps, tableau de bord, volant conduit de ventilation, moulures décoratives, etc. L'utilisation de pièces en plastique présente des avantages considérables pour cette industrie, notamment le poids, l'absence de corrosion et une énergie de fabrication moindre.

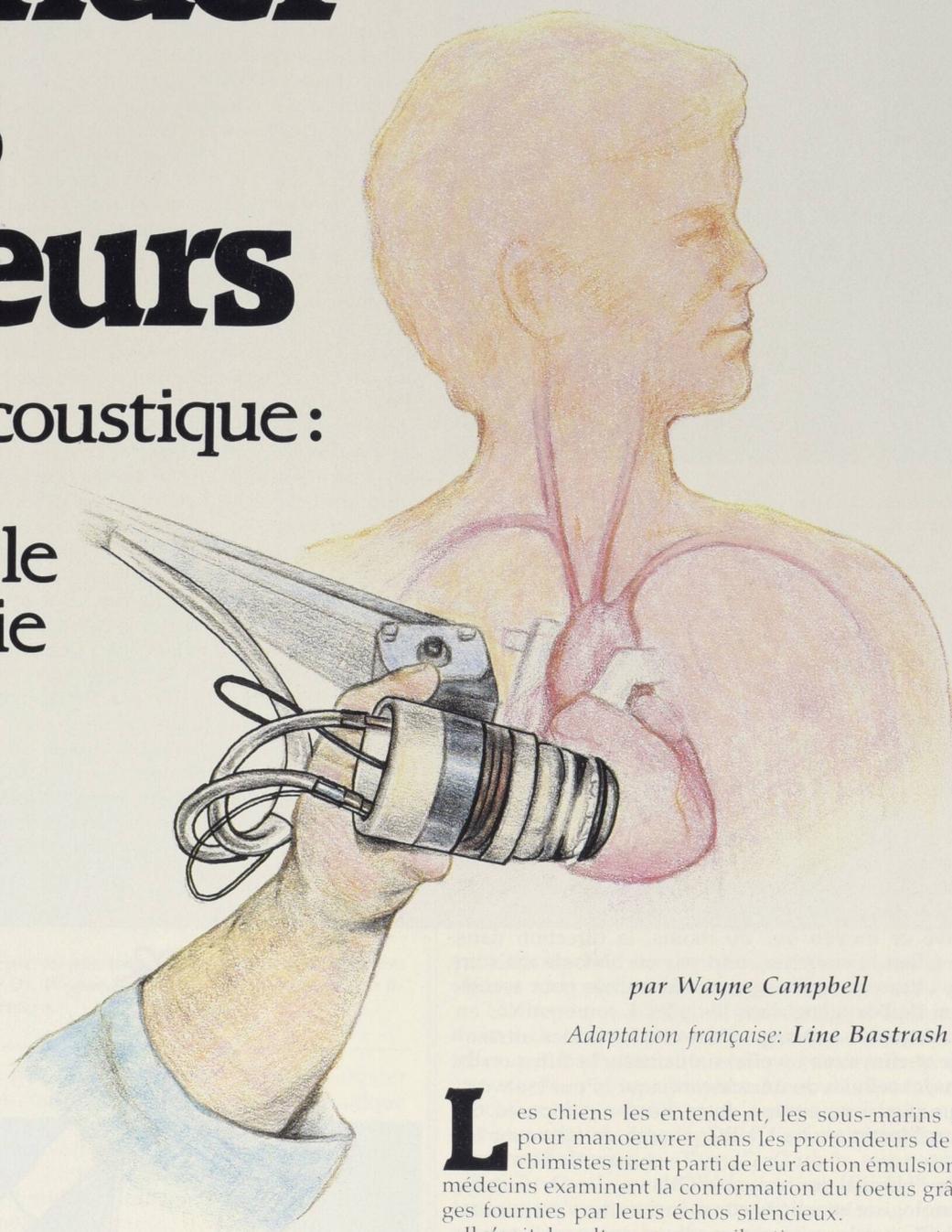
La vaste gamme des plastiques mis à la disposition de l'industrie croît sans cesse,

tant du fait de l'apparition de nouveaux produits que de l'amélioration de ceux qui existent déjà. Ce sont des matériaux très souples d'emploi: ils sont parmi les meilleurs isolants connus mais peuvent également être formulés pour être de bons conducteurs. Cette diversité étonnante leur permet, aujourd'hui plus que jamais, de joindre les rangs des matériaux utilisés dans des pièces mécaniques où la charge est variable, comme les engrenages, les pignons de chaîne, les leviers ou les cames. En fait, ce nouvel usage des plastiques ouvre la voie à une jeune discipline, celle de l'ingénierie des plastiques.

C'est donc dire que le potentiel d'infiltration des plastiques sur des marchés traditionnellement détenus par les métaux, le bois, le verre ou le papier est immense. D'où l'importance de bien comprendre les propriétés et les comportements de ces matériaux de l'avenir...

# Sonder les coeurs

L'ultracoustique:  
une  
nouvelle  
thérapie



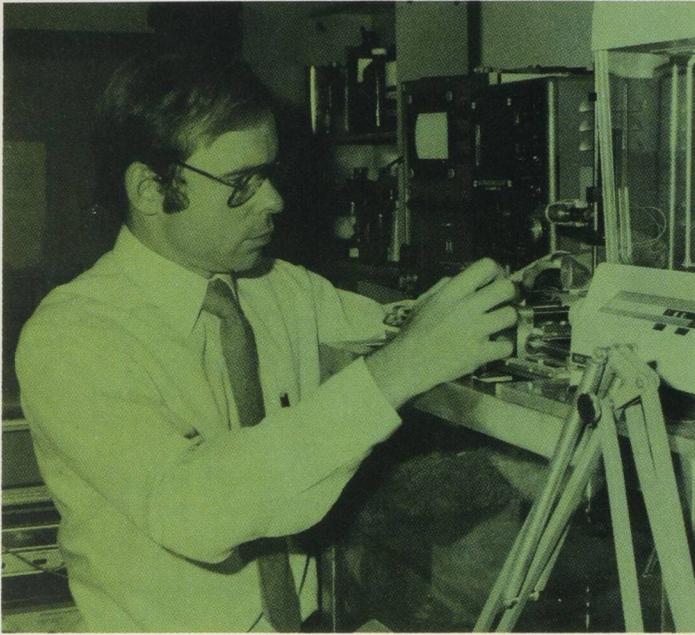
par Wayne Campbell

Adaptation française: Line Bastrash

*Le "transducteur" mis au point par Alan Mortimer. Cet appareil, qui convertit l'énergie électrique en ondes ultrasonores, pourrait être utilisé dans l'avenir pour atténuer les effets débilissants de la chirurgie cardiaque.*

**L**es chiens les entendent, les sous-marins les utilisent pour manoeuvrer dans les profondeurs de l'océan, les chimistes tirent parti de leur action émulsionnante et les médecins examinent la conformation du fœtus grâce aux images fournies par leurs échos silencieux.

Il s'agit des ultrasons, ces vibrations sonores qui dépassent le seuil de l'audition humaine. Une équipe de chercheurs du Conseil national de recherches et de l'Hôpital municipal d'Ottawa ont ajouté une autre application à celles que nous venons de citer, en thérapie cardiaque cette fois. Ceux-ci ont découvert qu'en appliquant une quantité adéquate d'énergie ultrasonore au bon moment on améliore considérablement la performance d'un coeur en état de stress. De récentes observations semblent indiquer que les ultrasons pourraient avoir le même effet sur un coeur malade ou affaibli. Après plusieurs années de recherche, ils ont accompli des progrès suffisamment importants pour faire breveter du matériel thérapeutique utilisé en milieu hospitalier. Dans une société où les maladies de coeur constituent une cause importante de décès, cette découverte, qui en est encore au stade de la recherche, pourrait grandement faciliter la tâche du spécialiste de la chirurgie cardiaque.



*Le physicien Alan Mortimer: il apporte ses compétences en mathématiques et en physique à la résolution du problème.*

L'idée d'utiliser les ultrasons en thérapie cardiaque n'est pas due au hasard ou à une découverte accidentelle. Dès le début des années soixante, Orest (O.Z.) Roy, chef du Programme de recherche en génie biomédical de la Division de génie électrique du CNRC, a commencé à chercher des méthodes susceptibles de redonner aux coeurs atteints de 'fibrillation' (condition d'un coeur qui ne se contracte pas et qui peut être mortelle si elle n'est pas traitée) leur rythme normal et leur contractilité.

Roy savait que l'un des facteurs cruciaux pour sauver un malade dont le coeur est en état de fibrillation est la vitesse de restauration du rythme cardiaque normal et, par conséquent, de l'acheminement de l'oxygène aux cellules musculaires en état d'hypoxie. Il lui restait donc à découvrir le moyen d'accélérer la diffusion de ce gaz vital dans les cellules.

Roy a trouvé ce moyen ou, du moins, la direction dans laquelle il lui fallait le chercher, non pas en biologie mais en physique. Les ultrasons sont couramment utilisés pour accroître la diffusion de l'oxygène dans les piles à combustible, en raison de leur action de brassage. Peut-être les ondes ultrasonores pourraient-elles avoir un effet similaire sur la diffusion de l'oxygène dans les cellules du muscle cardiaque? Pour le savoir, Roy a mis sur pied une équipe de recherche composée du physicien Alan Mortimer, du CNRC, chargé de fabriquer les appareils ultrasonores, et du Dr Gerry Taichman, de l'unité de cardiologie de l'Hôpital municipal d'Ottawa. Le Dr George Forester, physiologiste attaché à cette même unité, s'est joint au groupe du CNRC par la suite et travaille maintenant à temps plein sur le projet.

"L'Hôpital municipal", précise Roy, "possède un système perfectionné pour mesurer les changements qui surviennent dans un muscle cardiaque isolé et Alan a une machine qui émet des vibrations ultrasonores très caractérisées. Comme nous l'avions supposé, les ultrasons abaissent la tension diastolique du muscle, c'est-à-dire la pression du coeur au repos entre les battements.

"Mais, à l'exception peut-être de l'abaissement de la pression sanguine, une telle découverte avait peu d'applications cliniques, et il y avait un grand pas à franchir pour passer de lambeaux de muscle cardiaque de rats dans une boîte de Pétri à un coeur fonctionnant à l'intérieur d'un organisme humain."

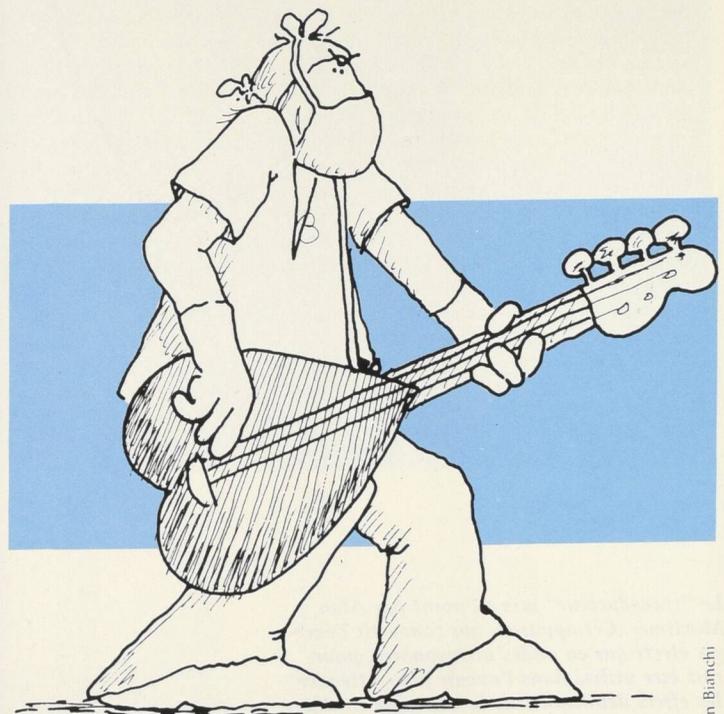
Mais la situation a changé. Aujourd'hui, huit ans plus tard, l'équipe peut affirmer, preuves à l'appui, que les ultrasons font

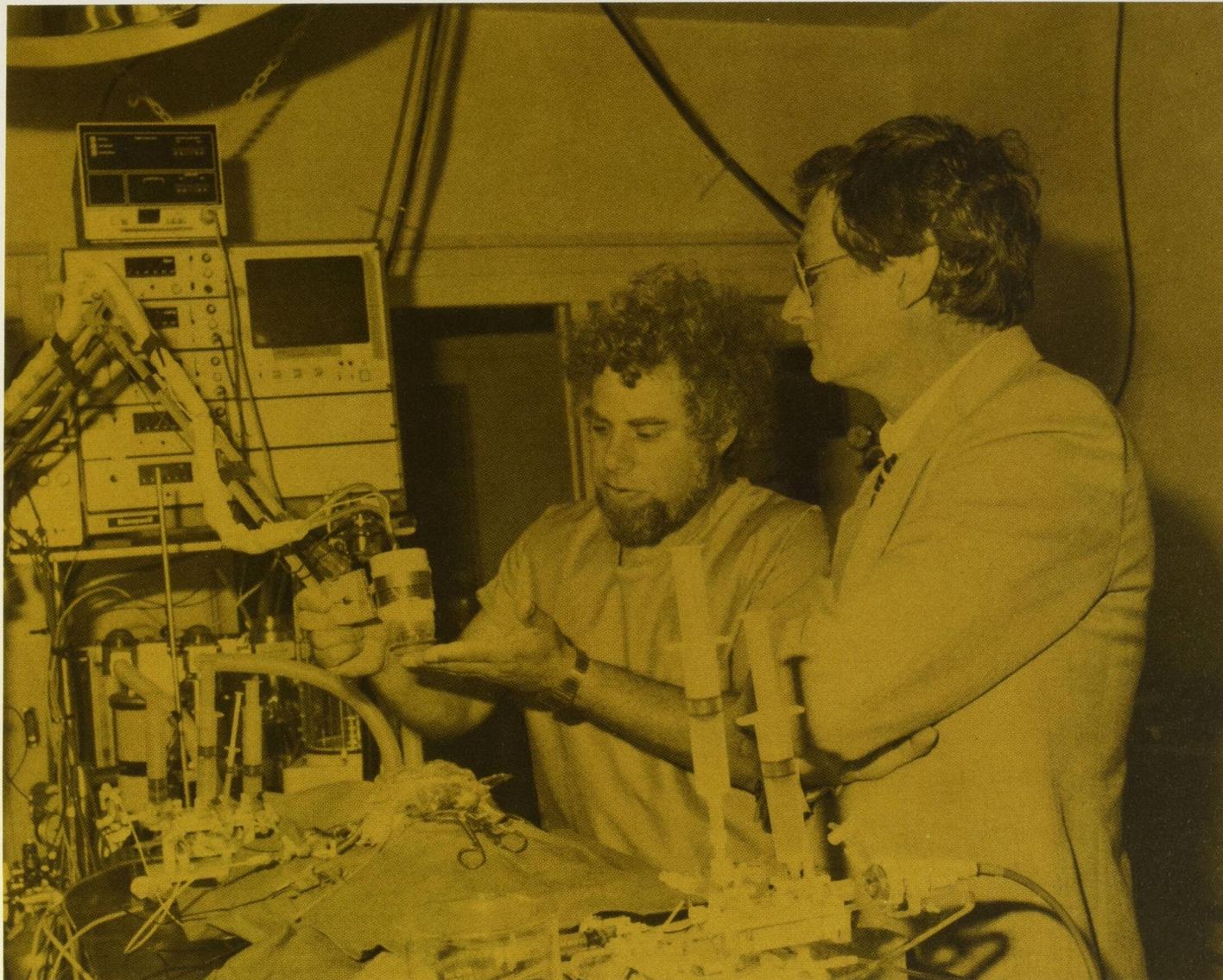
plus que simplement abaisser la pression du coeur au repos. Les ultrasons, lorsqu'ils sont utilisés selon une méthode que les chercheurs continuent à étudier et à perfectionner, améliorent considérablement la fonction cardiaque, qu'il s'agisse d'un coeur sain ou malade.

Aujourd'hui, George Forester et Alan Mortimer, qui sont les principaux expérimentateurs, tentent de trouver la meilleure façon de placer le coeur dans un bain d'ondes ultrasonores tout en cherchant à élucider le mode d'action précis des ultrasons sur le muscle cardiaque. Ces deux objectifs de recherche, l'utilisation de l'effet ultrasonore et l'identification de son action biologique, ont été fixés dès le début du projet car si les chercheurs voulaient explorer les aspects pratiques de cette découverte, ils voulaient aussi découvrir de quelle façon les ultrasons améliorent un coeur stressé.

Lorsque George Forester, de l'Hôpital municipal, est venu travailler sur le projet à titre d'interne en physiologie, il n'a pas interrompu ses travaux sur les lambeaux de muscle cardiaque mais il a entrepris la mise au point d'un système pour examiner des coeurs entiers de lapins en laboratoire. Il serait fastidieux d'entrer dans les détails mais disons que l'opération consiste à alimenter les cellules du tissu cardiaque des deux systèmes, c'est-à-dire du lambeau musculaire ou du coeur de lapin, avec des nutriments et à les stimuler électriquement pour qu'ils adoptent le cycle des pulsations cardiaques, qui est constitué d'une alternance de contractions et de périodes de repos. Pour conserver les tissus, Forester les garde à une température inférieure à la température normale (24°C) et stimule le muscle cardiaque à un rythme très bas.

Toutefois, en dépit d'efforts patients et minutieux, les résultats restaient peu convaincants. Les effets observés antérieurement sur la pression du coeur au repos ne semblaient pas indiquer l'existence d'effets physiologiques plus importants sur ce muscle. Les chercheurs ont alors examiné tous les variables du système, les uns après les autres, pour essayer de trouver des indices qui orienteraient leurs efforts dans la bonne direction. "Autant chercher une aiguille dans une botte de foin!", s'exclamera plus tard Forester en décrivant cet aspect particulier de leur recherche. Leur persévérance devait finalement être





*Le physiologiste George Forester positionne le transducteur ultrasonore sous le regard attentif du Dr. Wilbur Keon, de l'unité de cardiologie de l'Hôpital municipal d'Ottawa.*

récompensée mais pas nécessairement, comme Forester l'avoue volontiers, en raison de la méthode systématique adoptée. "Comme cela arrive souvent dans la recherche scientifique, nous avons découvert l'effet thérapeutique des ultrasons un peu par hasard." L'effet se manifeste lorsque les lambeaux de muscle sont stimulés au moyen d'impulsions électriques à un rythme beaucoup plus rapide que le rythme normal, ce qui revient à abaisser la pression du coeur tant en contraction qu'au repos. (C'est ce que Forester appelle 'stresser' le système.) En exposant le système ainsi 'stressé' aux ultrasons, Alan Mortimer a remarqué que la pression augmentait et que le coeur reprenait son rythme normal. Les ultrasons avaient permis d'accroître considérablement "l'indice de contractilité" (la capacité de se contracter) d'un coeur en état de stress.

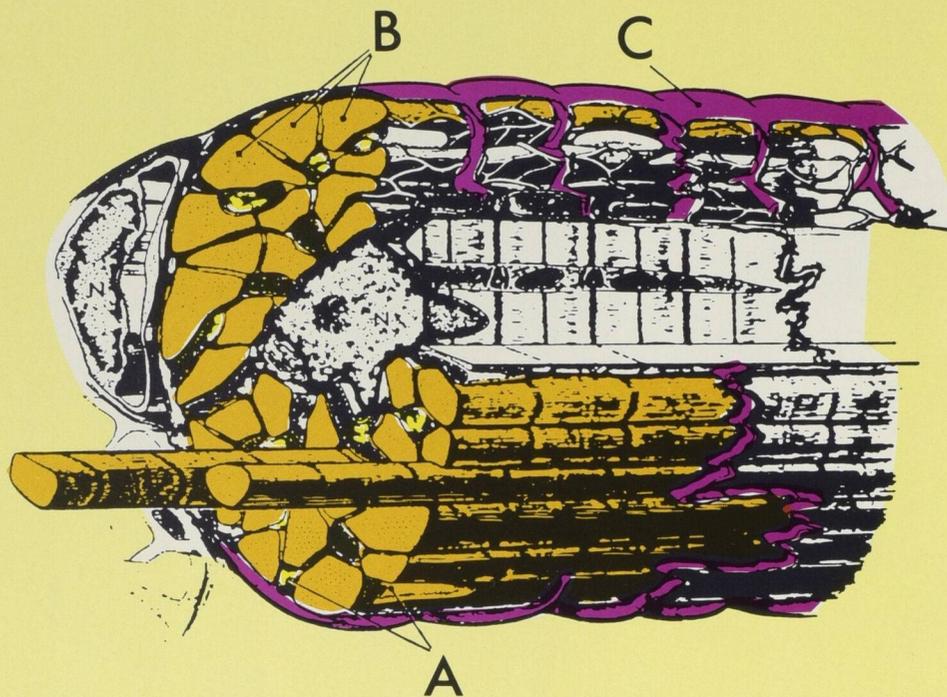
Un peu comme un lecteur de romans policiers fâché qu'un indice évident lui ait échappé, Forester se rappelle que "... la lumière s'est faite soudainement. Mais sachant comment le coeur fonctionne, c'est-à-dire par cycles, cela n'a rien de surprenant. Après chaque contraction, le coeur doit passer par une phase de rétablissement. Pendant la contraction, les cellules musculaires perdent certaines substances qui leur sont restituées lors de la phase de repos et puis — brusquement — une

autre contraction survient. C'est un cycle sans fin où des substances sont continuellement perdues et renouvelées.

"Notre erreur, à l'origine, était d'avoir abaissé la température du muscle et réduit le rythme cardiaque dans des proportions telles que les battements cycliques étaient trop espacés pour être affectés par les ultrasons. Mais, dès que nous avons rapproché ces battements jusqu'à atteindre le rythme d'un coeur au repos et même à le dépasser, l'effet ultrasonore a commencé à se manifester."

Voilà pour l'effet des ultrasons sur des lambeaux de myocarde mais qu'en est-il du coeur lui-même, organe complexe qui fonctionne en harmonie avec le reste de l'organisme par l'intermédiaire de mécanismes hormonaux et nerveux? L'organisme est, après tout, un système conservateur dont les boucles de rétroaction biologique sont conçues pour maintenir le statu quo. Pour observer l'effet des ultrasons sur le coeur, ils ont dû auparavant résoudre un problème technique posé par les méthodes de mesure utilisées. L'une de ces méthodes avait pour effet secondaire d'entraîner une production de chaleur au sein du système cardiaque isolé, ce qui augmentait la température des tissus et réduisait l'effet ultrasonore. Mais une fois ce problème corrigé, ils ont pu constater la même amélioration chez un coeur entier traité à l'aide de l'appareil de Mortimer que chez un muscle isolé.

"En fait, le mode d'action des ultrasons pourrait résider dans la chaleur", explique Alan Mortimer, "mais celle-ci est localisée, contrairement à la chaleur diffuse dégagée par un radiateur



*Vue en coupe d'une cellule de muscle cardiaque montrant l'emplacement des différents organites: les mitochondries (A), qui fournissent l'énergie à la cellule; les fibrilles (B), qui se contractent dans le sens longitudinal et provoquent la contraction de la cellule entière; le sarcolemme (C), ou membrane extérieure de la cellule, qui est relié au réticulum sarcoplasmique interne. On croit que les ultrasons accroissent la contractilité de la cellule en augmentant le taux des ions calcium qui passent à travers ces deux derniers organites.*

électrique par exemple. L'énergie ultrasonore est probablement convertie en chaleur au niveau des membranes cellulaires où, comme nous le savons, prennent place un grand nombre des réactions chimiques qui déclenchent la contraction musculaire. Le réchauffement généralisé de tous les tissus produit par contre un effet opposé à celui des ultrasons."

Les chercheurs ont dû encore une fois résoudre des problèmes techniques avant de pouvoir appliquer leur méthode à des animaux entiers, mais ils ont finalement réussi à démontrer que les ondes ultrasonores permettent de ramener la pression d'un coeur qui bat rapidement (comme après une course) à celle d'un coeur au repos. Mais quel est l'aspect pratique de ces travaux?

Améliorer la performance d'un coeur sain peut difficilement être considéré comme une victoire sur le plan médical. Orest Roy répond: "C'est négliger la portée de nos autres travaux. Nous avons provoqué une hypoxie chez un lambeau de myocarde (en le privant d'oxygène) et une acidose (en augmentant sa concentration d'acide lactique), la même condition que l'on peut observer chez un coeur malade ou chez le coeur d'un opéré relié à un coeur-poumon artificiel. Même si les ultrasons n'ont pas permis de ramener l'indice de contractilité de ce coeur au niveau normal, ils ont permis de l'accroître considérablement. Ces résultats préliminaires nous permettent de penser que les ultrasons pourraient être appliqués au traitement des affections cardiaques.

"Nous tentons maintenant d'établir un 'modèle animal' de l'affection cardiaque. En gros, nous voulons recréer chez l'animal la condition qui caractérise un coeur malade, comme le spécialiste en chirurgie cardiaque la perçoit, et voir comment celle-ci peut être améliorée grâce aux ultrasons. Une fois que nous y serons parvenus, nous pourrons passer à l'expérimentation humaine." Roy nous prévient toutefois que cela prendra du temps. Pour expérimenter sur des sujets humains, il faut passer des tests rigoureux établis par l'Hôpital municipal d'Ottawa et le Comité consultatif de la recherche sur les sujets humains du CNRC.

"Nous avons toutefois pu examiner des lambeaux de myocarde humain prélevés lors d'une opération", poursuit Roy, "et, comme nous l'avions prévu, les ultrasons ont eu le même effet palliatif. Il y a donc lieu d'être optimiste."

Mais qu'advient-il de l'autre objectif des chercheurs, l'identification de l'action biologique des ultrasons? Roy croit qu'ils seront bientôt en mesure de fournir une explication satisfaisante. "Nous avons abordé le problème à la fois sous ses aspects pharmacologique et biophysique", explique-t-il. "Nous avons tout d'abord supposé que les ultrasons favorisaient certaines réactions biologiques et utilisé des drogues pour diminuer ou

accroître ces réactions et nous avons observé l'effet de ces drogues sur l'action des ultrasons. Nous connaissons bien l'action de ces drogues et, si l'une d'entre elles anihile complètement l'effet ultrasonore, nous saurons exactement quelle activité biologique est affectée par l'énergie acoustique. Nous avons eu recours à des drogues dites 'cardioactives' (qui stimulent l'activité cardiaque): adrénaline, digoxine, caféine.

"Nous avons ensuite étudié l'aspect biophysique de l'effet ultrasonore. Connaissant la physique des ultrasons et les structures internes de la cellule, nous avons tenté d'identifier les endroits où les effets pouvaient se manifester. Les membranes qui entourent la cellule et ses organites internes constituent des endroits propices à l'effet ultrasonore. Elles sont plus visqueuses que les tissus environnants (et, par conséquent, susceptibles d'absorber plus d'énergie ultrasonore) et les réactions chimiques responsables de la contraction musculaire se produisent à leur surface. Sachant cela, nous avons mis au point un 'modèle' de l'effet ultrasonore et nous procédons actuellement à des expériences pour le vérifier."

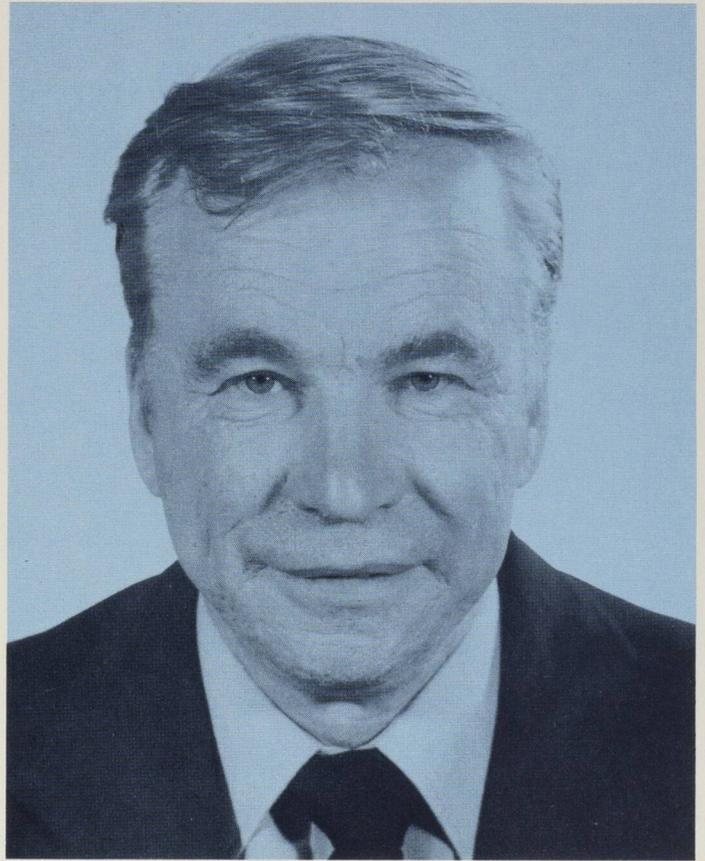
La contraction musculaire, qui requiert un ensemble de réactions mécano-chimiques très complexes se déroulant selon une séquence déterminée, est amorcée lorsque des ions calcium 'déclencheurs' pénètrent dans la cellule et font exploser à l'intérieur de celle-ci une importante réserve d'ions calcium emmagasinés dans un organite appelé 'réticulum sarcoplasmique'; la contraction est provoquée par le flux complexe d'ions, la combustion des molécules énergétiques et le mouvement de longues protéines en forme de colonne. Le calcium est ensuite expulsé du milieu cellulaire et regagne sa réserve, tandis que la cellule 'se repose' dans l'attente d'un autre flux d'ions calcium, et d'une nouvelle contraction.

Le physiologiste George Forester nous explique: "Ce qui ressort de ces expériences, sans aller trop dans les détails, c'est que les ultrasons semblent augmenter le taux des ions calcium qui passent à travers la surface extérieure de la cellule (membrane) et accélérer leur absorption par le réticulum sarcoplasmique (réserve). L'effet physiologique qui en résulte est un accroissement de la contractilité du coeur et une réduction du temps de repos, augmentant par conséquent la pression du muscle cardiaque au travail."

Cette action s'assimile à celle de l'adrénaline sur le coeur. Forester et Mortimer croient d'ailleurs que les ultrasons agissent comme des 'doses localisées d'adrénaline'. "L'adrénaline administrée par injection", explique Forester, "affecte tous les tissus. Les ultrasons n'affectent que le coeur et la thérapie peut être interrompue à n'importe quel moment, contrairement à l'adrénaline, simplement en débranchant l'appareil. Les ultrasons constituent donc un instrument idéal pour accroître la fonction cardiaque sans affecter les autres organes du corps."

L'une des raisons pour lesquelles ces travaux ont connu des progrès si rapides dans un domaine où peu d'études ont été publiées réside dans la nature multidisciplinaire de l'équipe du CNRC. Ainsi, Forester apporte ses connaissances en physiologie, Alan Mortimer, ses compétences en physique et en mathématiques pour la fabrication et l'étalonnage des appareils ultrasonores et le Dr Wilbur Keon, de l'unité de cardiologie de l'Hôpital municipal d'Ottawa, son expérience clinique. Dans l'avenir, ils comptent utiliser plus d'un 'transducteur' à la fois et ils tenteront d'émettre des ondes ultrasonores 'par impulsions' de façon à réduire la production de chaleur. "Nous avons déjà réussi à trouver une application pratique des ultrasons", explique Alan Mortimer, "et nous sommes en voie d'identifier leur mode d'action au niveau de la cellule."

"Pareilles découvertes sont plutôt rares. Les scientifiques doivent souvent travailler pendant des années pour accumuler des données qui leur permettront d'induire des effets plus grands alors que nous, nous avons eu la chance d'observer dès le début un tel effet. Mais nous n'aurons sans doute pas assez d'une vie pour rassembler toutes les pièces du puzzle."



*Orest Roy, chef du Programme de recherche en génie biomédical du CNRC: l'idée d'utiliser l'effet ultrasonore lui est venue à la suite de travaux sur les piles à combustible.*

Pour les chercheurs, toujours prudents, ce projet illustre bien la démarche scientifique. Il serait facile de sauter des étapes et d'exploiter les aspects thérapeutiques des ultrasons sans en comprendre parfaitement tous les mécanismes. Mais il est encore plus important de comprendre comment l'énergie acoustique affecte le mouvement physiologique des ions calcium que de mettre au point des usages thérapeutiques de celle-ci; en effet, les ions jouent un rôle important dans tout un éventail de mécanismes vitaux et, en particulier, dans celui de la régulation de la division cellulaire. "Nous avançons lentement et prudemment", résume Orest Roy. "Ce n'est que par une recherche soigneusement pensée et exécutée que nous parviendrons à des résultats." ☾

# Installations stéréophoniques

*par Stephen A. Haines*

*Adaptation française: Line Bastrash*

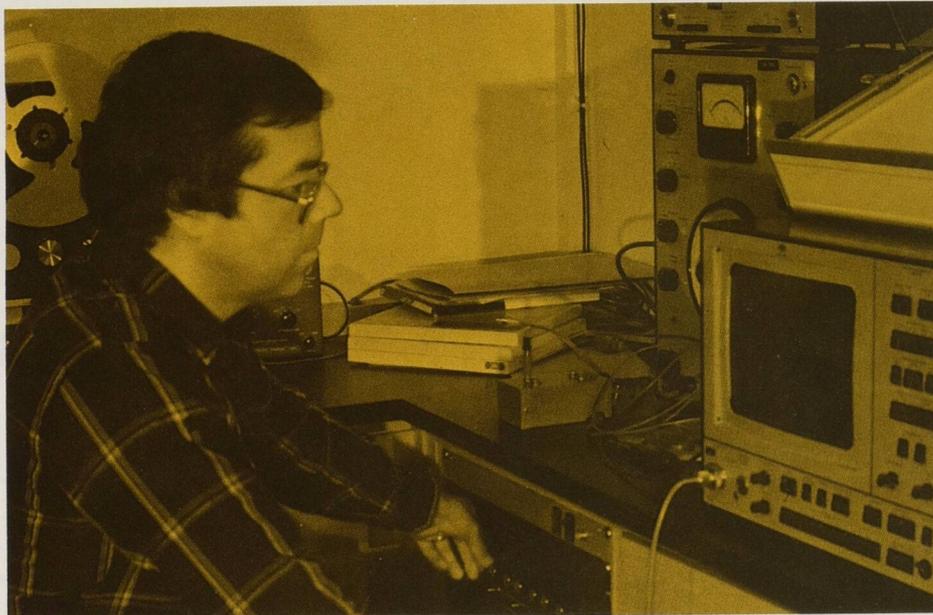


Charles est assis, inconsolable, devant la chaîne stéréophonique qu'il vient d'installer. Il a passé des heures à consulter les brochures des fabricants et à discuter avec des vendeurs d'appareils stéréophoniques. Durant des jours, il s'est rendu de salle de montre en salle de montre pour écouter, regarder, juger. Aujourd'hui, il contemple la paire de haut-parleurs géants logés dans deux des coins de la pièce et camouflés par deux grosses chaises, et il se désole. Le son qu'ils dérivent n'est pas bon et il ne sait pas pourquoi. Les graves et les aigus se heurtent plutôt que de se compléter. Il a pourtant choisi les meilleurs haut-parleurs importés qu'il a pu trouver mais ils ne rendent pas le même son que dans la salle de montre.

Selon le Dr Floyd Toole, de la Division de physique du CNRC, le futur acheteur de haut-parleurs est l'un des consommateurs les plus vulnérables qui soient. "Placé devant un choix très grand et une surabondance d'information par des vendeurs qui ne cherchent souvent qu'à influencer son choix, il n'a pas la tâche facile", d'affirmer Toole. "Dans la salle de montre, son ego est en jeu, ainsi que son portefeuille, et il est censé faire un choix informé dans des conditions qui sont loin d'être idéales. Même lorsque son choix est fait et qu'il a acheté ses haut-parleurs, il ne peut pas s'asseoir et se reposer car il doit s'efforcer de déterminer les meilleures conditions d'écoute dans son propre salon. Le résultat en vaut toutefois la peine, comme notre programme d'essais nous l'a démontré."

Toole évalue des haut-parleurs depuis près de vingt ans, tant à l'aide d'instruments qu'en faisant appel à des évaluateurs humains. Homme de grande taille à l'allure tranquille et au regard intense, il semble évaluer chaque note qui sort des haut-parleurs. Au cours des récentes années, il s'est surtout attaché à faire coïncider les spécifications techniques des haut-parleurs avec les évaluations des auditeurs. Traditionnellement, l'évaluateur humain était considéré comme l'arbitre final pour l'appréciation de la qualité du son mais, sans spécifications précises, une conception intelligente et une qualité uniforme de la fabrication sont impossibles.

"L'évaluation traditionnelle par des sujets humains donne lieu à des opinions qui varient beaucoup d'une personne à l'autre, d'où la notion populaire selon laquelle 'nous entendons tous différemment'. Si cela est vrai, la conception de haut-parleurs est davantage un art qu'une science. Toutefois, nous ne nous sommes pas avoués vaincus pour



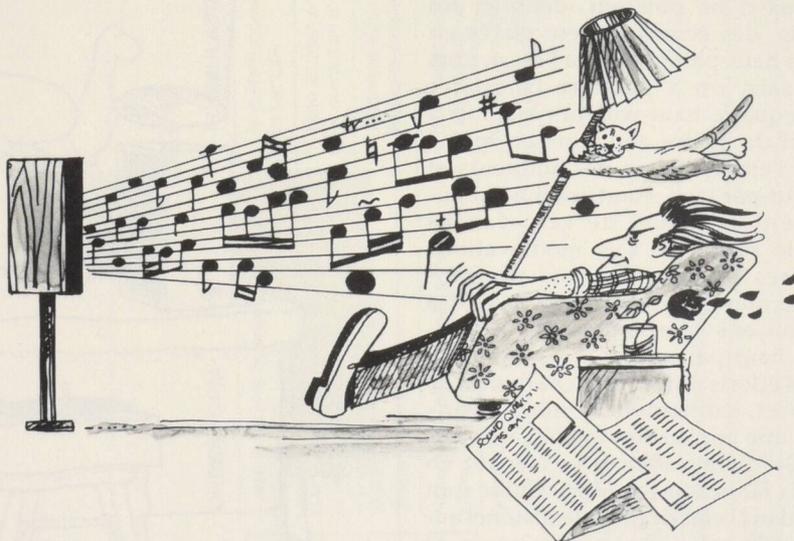
autant et avons tenté d'identifier les facteurs qui influencent le jugement des auditeurs. Nous croyons qu'il existe certains 'critères fondamentaux' qui, une fois identifiés, nous permettront de fonder la conception et l'évaluation des haut-parleurs sur une base plus scientifique.

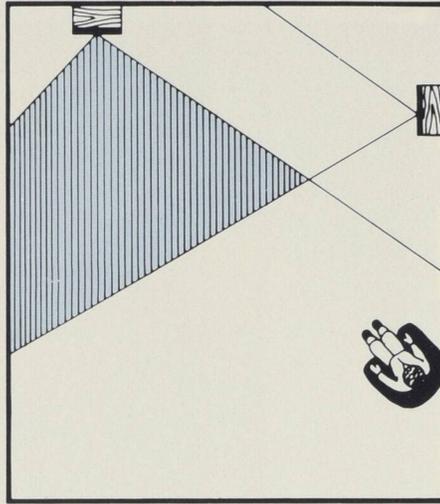
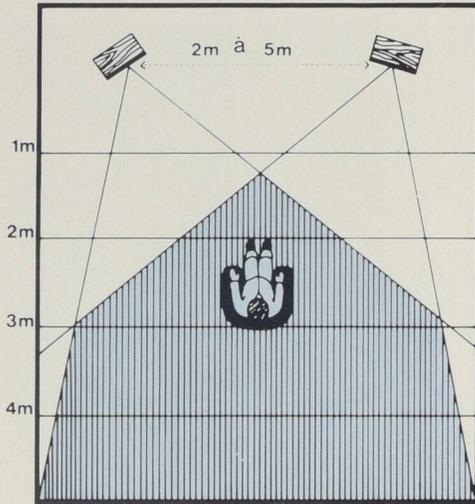
Depuis des années, l'essai des haut-parleurs se fait dans une chambre anéchoïque, petite pièce tapissée d'écrans antiréverbérants. Celle-ci ne conviendrait sûrement pas à un politicien: les discours les plus éloquentes risqueraient de tomber à plat dans cet environnement d'où l'écho est absent, mais celui-ci est nécessaire pour déterminer avec quelle précision un haut-parleur peut reproduire le son. On alimente les haut-parleurs avec des sons purs d'une fréquence donnée et l'on enregistre le son produit. Les essais font appel à toute une série de fréquences et de niveaux de puissance afin de déterminer la 'courbe

*Floyd Toole prépare des haut-parleurs en vue d'essais acoustiques.*

de réponse' du haut-parleur dans le spectre des sons audibles. (Les courbes établies à partir de ces essais ont tenu notre acheteur Charles occupé pendant des jours à les comparer en détail.) La chambre anéchoïque, en atténuant l'écho, assure que le son délivré par le haut-parleur est pur et exempt de distortion.

Toutefois, la musique que nous écoutons n'est pas constituée de sons purs. Elle est pleine de modulations et d'harmoniques et les fréquences s'y entremêlent constamment et varient en intensité. Nos salons ne sont pas anéchoïques et ils sont habituellement encombrés de meubles, de rideaux et d'autres objets qui influent sur la reproduction du son. Toole croit qu'un essai dans ces conditions bien réelles est nécessaire pour une





Aili Kurtis

Floyd Toole: "Pour reproduire le son stéréophonique, les deux haut-parleurs doivent être séparés d'au moins 2 m et l'auditeur doit être situé au centre de ceux-ci, à une distance équivalente. Si vous ne respectez pas cette règle élémentaire, vous obtiendrez peut-être un son acceptable mais vous devez vous rappeler qu'il n'existe qu'une seule 'position stéréophonique' dans une pièce."

évaluation complète des haut-parleurs et il se sert de sujets humains comme 'instruments de mesure' pour juger de la qualité du son.

"Jusqu'à présent", fait-il remarquer, "l'industrie stéréophonique accordait peu de crédit à ces évaluations subjectives, et avec juste raison. Les évaluations par des personnes différentes donnent lieu à des opinions partagées. Leur jugement est souvent influencé par divers facteurs, y compris leurs goûts musicaux. Nos travaux nous ont permis d'identifier certains de ces 'facteurs d'erreur' et de les éliminer. Quelques-uns étaient évidents mais d'autres plus obscurs; parmi ceux-ci, nous avons identifié des facteurs comme la forme et les dimensions de la salle d'écoute, la présence de meubles et leur type, le niveau du volume, l'emplacement des haut-parleurs et le fait que l'auditeur connaît la marque, le prix ou les dimensions des haut-parleurs!"

Une chambre d'essais a été conçue et équipée d'un ameublement "type": tapis, rideaux le long d'un des murs, et fauteuils pour les auditeurs. Pour éviter que ceux-ci ne puissent identifier les produits, des écrans ont été placés en face des haut-parleurs mis à l'essai. Lors des essais, on a pu faire comparer jusqu'à quatre haut-parleurs à la fois à un total de quatre auditeurs en même temps, l'emplacement des auditeurs et des haut-parleurs étant modifié régulièrement au cours de ces séances d'écoute répétées. Ces modifications aléatoires permettent, lors du programme musical très varié, de faire des comparaisons constantes entre les différents haut-parleurs.

"Nos efforts ont été vite couronnés de succès et, coïncidence, nous avons trouvé une application immédiate à ces nouvelles connaissances en venant en aide aux fabricants canadiens qui se sont lancés dans la fabrication de matériel audio au début des années 70. Ceux-ci se sont servis des installations du CNRC

pour l'essai et la conception de leurs produits et ils sont repartis avec, sous le bras, des prototypes qui se comparaient avantageusement aux meilleurs produits du marché mondial."

Dans les années qui suivirent, des produits canadiens de toute première classe ont fait leur apparition sur le marché et si pour certains d'entre eux c'était sous une marque distinctive, la plupart avaient adopté des griffes étrangères bien connues. On s'est aperçu récemment que plus de la moitié des haut-parleurs 'haute-fidélité' vendus au Canada sont conçus et fabriqués ici et s'il est difficile de déterminer avec certitude le chiffre d'affaires correspondant, on peut dire sans grand risque de se tromper qu'il s'élève à plusieurs dizaines de millions de dollars.

Les techniques d'évaluation du CNRC ont été mises à l'épreuve l'an dernier lorsque la Société Radio-Canada a voulu

mettre à l'essai un certain nombre de systèmes pour les cabines de ses ingénieurs du son. On a demandé à un groupe composé de musiciens, d'ingénieurs et d'audiophiles (*audiophile* est le terme employé par l'industrie pour désigner un amateur enthousiaste du son) d'évaluer plus de deux douzaines de types de haut-parleurs et les résultats ont révélé une concordance étonnante entre les évaluations. Parmi les haut-parleurs qui ont reçu les évaluations les plus élevées, et qui ont été choisis par la SRC, on comptait deux haut-parleurs conçus et fabriqués au Canada. De préciser Toole: "Parmi tous les haut-parleurs que nous avons mis à l'essai au cours des deux ou trois dernières années, plusieurs de ceux qui se sont classés parmi les meilleurs étaient de fabrication canadienne. Et un grand nombre d'entre eux avaient été mis au point avec l'aide des installations du CNRC."



John Bianchi

L'expérience de la chambre d'écoute et les séries d'évaluations par des sujets humains ont démontré, ainsi que l'affirmait Toole, que le choix d'un haut-parleur n'est pas chose facile et surtout qu'il ne constitue pas l'étape finale pour le consommateur, même lorsque celui-ci a soigneusement étudié le produit. "L'emplacement des haut-parleurs est tout aussi important", met-il en garde. "L'acheteur doit lui-même se transformer en expérimentateur. La majorité des haut-parleurs n'ont pas été conçus pour être posés sur le sol et ils doivent être situés idéalement à 'hauteur d'oreille'. Certains haut-parleurs peuvent être à la rigueur placés contre un mur mais la plupart des haut-parleurs modernes doivent être éloignés des murs et des coins et placés en quelque sorte à l'intérieur de la pièce. Dans certains cas, des rideaux peuvent être utiles pour absorber le son mais, sous aucune prétexte, les rideaux et les meubles ne doivent s'interposer entre les haut-parleurs et l'auditeur.

"La stéréophonie exige certaines précautions particulières du fait que, pour obtenir une 'image sonore' parfaitement équilibrée, l'auditeur doit être situé à égale distance des deux haut-parleurs, c'est ce qu'on appelle la position stéréophonique. Faute de quoi, la qualité du son sera peut-être bonne mais la perception spatiale ne correspondra pas tout à fait à ce que l'artiste ou le producteur ont recherché."

Les résultats de la recherche faite jusqu'ici sont très encourageants. Ils indiquent que les personnes qui ont une ouïe normale s'accordent fondamentalement sur la qualité du son produit par les haut-parleurs... à condition qu'on leur donne la possibilité d'écouter sans être gênées par une pièce mal conçue, une publicité trompeuse, des démonstrations forcées ou un enregistrement de mauvaise qualité. Qui plus est, il semble que les haut-parleurs qui produisent un bon son sont ceux qui présentent certaines caractéristiques techniques particulières. Il semble donc possible d'établir des critères scientifiques pour la conception et l'évaluation des haut-parleurs et, peut-être, de formuler des spécifications utiles pour les fabricants.

Mais que peut faire le consommateur en attendant? "Il doit étudier les produits avant de se rendre chez le marchand", conseille Toole, "puis procéder à une évaluation ferme et patiente dans la salle d'écoute du magasin et, une fois revenu à la maison, déplacer quelques meubles. Il ne lui reste plus ensuite qu'à mettre un disque ou une cassette, à s'asseoir et à écouter." ☾

DÉCOUPEZ

1983/4

**ORDER FORM**

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

NAME / NOM

TITLE / TITRE

ORGANIZATION / ORGANISME

STREET / RUE

CITY / VILLE

PROVINCE

POSTAL CODE / POSTAL

COUNTRY / PAYS



**Correspondance-  
réponse d'affaires**

Se poste  
sans timbre  
au Canada

Le port sera payé par

Conseil national  
de recherches Canada

**OTTAWA  
CANADA  
K1A 9Z9**

SCHELLER ICI

Canada

Canada Post	Postes Canada
Bulk Third Class	En nombre Troisième classe
K1A 0M6 Canada	