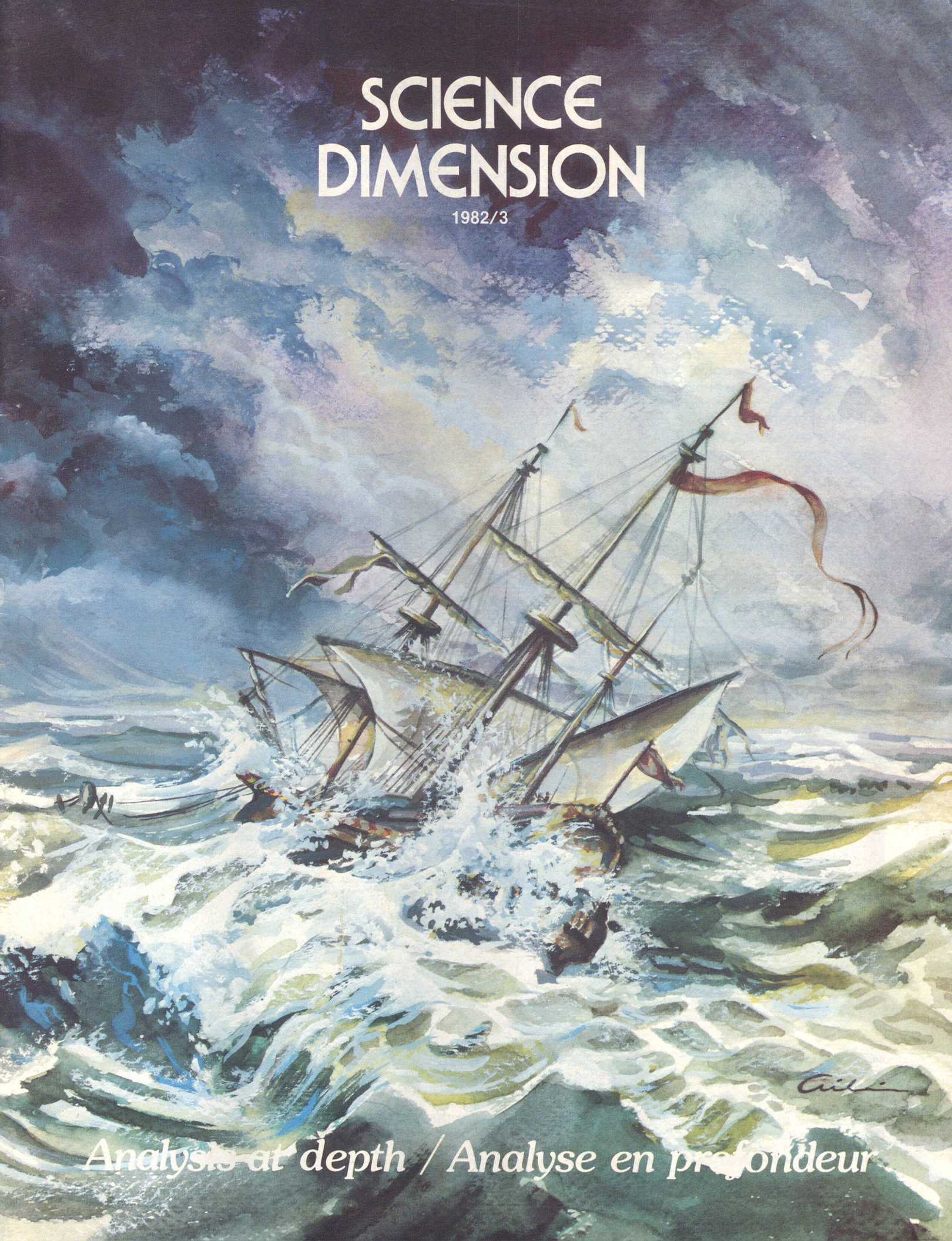


SCIENCE DIMENSION

1982/3



Chil

Analysis at depth / Analyse en profondeur

SCIENCE DIMENSION



National Research
Council Canada

Conseil national
de recherches Canada

Vol. 14, No. 3, 1982

Indexed in the Canadian Periodical Index
This publication is available in microform.

CONTENTS

- 4 **Acupuncture's biological basis**
More than mind over matter
- 10 **Photogrammetry**
Aid to reconstruction
- 16 **Vibration syndrome**
Of white fingers and vibrating tools
- 20 **Under the volcano**
The Mount Meager story
- 26 **Briefly . . .**
- 28 **In pursuit of pentoses**
Deriving profit from pollutants

Cover

Sinking of a 16th century Basque galleon depicted by Ottawa artist Aili Kurtis. Photogrammetry is aiding in the reconstruction of the oldest shipwreck to be excavated in Canada. Map insert shows area of discovery marked with an "x" (see story page 4).



Editor Wayne Campbell
Assistant Editor Margaret Shibley Simmons
Executive Editor Joan Powers Rickerd
Editor French Texts Michel Brochu
Graphics Coordinator Stephen A. Haines
Photography Bruce Kane
Print Coordinator Robert Rickerd
Design Acart Graphic Services Ltd.
Printed in Canada by Beauregard Press Ltd.
31159-0-0858

Fiddlehead farming

In 1783, when the United Empire Loyalists moved into New Brunswick, they were poorly prepared for the harsh winter that followed. Their survival depended on following the dietary example of their new neighbours, the Malecite Indians. So fiddleheads, the tightly coiled fronds of the ostrich fern that push through the moist forest soil in the early spring, became part of their diet. Although fiddleheads are now a gourmet's delight, they have more going for them than their unusual delicate flavour. Their protein and mineral content also make them top-quality nutrition.

All ferns produce fiddleheads, but it is the ostrich fern whose plume-like vegetative fronds emerge from the soil in spring as edible fiddleheads. According to Dr. Patrick von Aderkas, visiting scientist at NRC's Atlantic Research Laboratory in Halifax, the annual harvesting of about 250 000 kg contributes around \$600 000 to the New Brunswick economy per year. Most of this harvested amount is marketed fresh locally, but a small proportion is frozen to be sold across Canada. Dr. von Aderkas and other members of the Atlantic Fiddlehead Research Organization (AFRO) believe that fiddleheads could become a major crop and that the only limit to the market is labour. Until recently, members of the New Brunswick Association of Métis and Non-Status Indians were almost the only people in Canada to harvest fiddleheads for the commercial market. The total fiddlehead harvest comes from only 300 ha in New Brunswick.

From a completed survey of ostrich ferns in Nova Scotia, Dr. von Aderkas knows that the ferns grow in many different habitats; they don't necessarily require a damp forest to thrive. Some strains will grow quite nicely in drier, more exposed conditions, such as those found in a farmer's field.

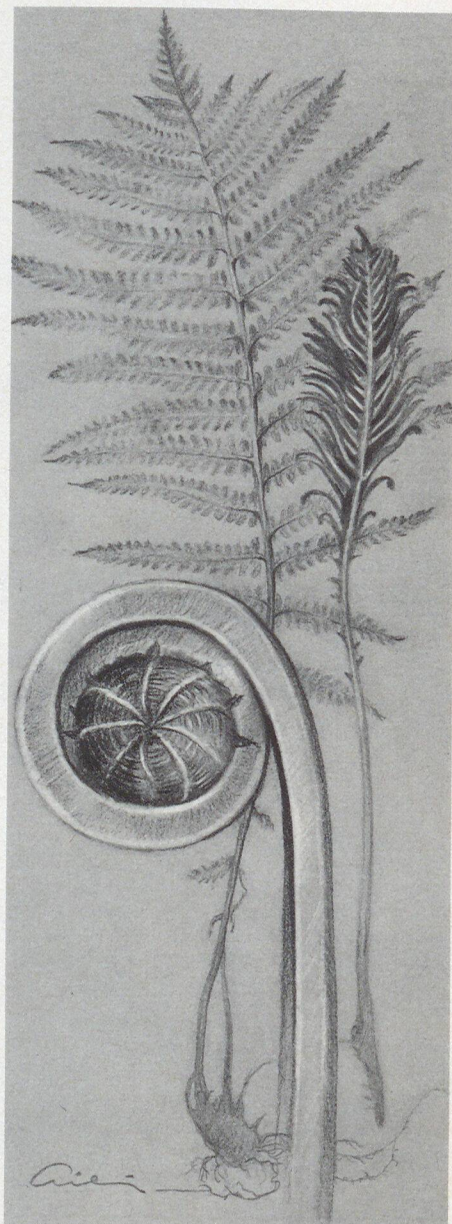
Fern maturation is a problem in laboratory studies. It takes three years for the fern to go from spore to small plant, a long time to wait for study material. Dr. von Aderkas is studying the maturation period under controlled laboratory conditions, trying to determine ways to shorten it to facilitate other studies of the ferns.

The potential fern farmer may have to wait a while initially, as it takes a total of five years for the fern to grow from a spore to a plant large enough that it is not killed when fiddleheads are removed. That's too long for the

farmer to wait for his crop to show a profit. If a suitable strain can be found, propagation of portions of the underground runner would yield whole plants in the same manner now used for potatoes.

Hopefully it won't be too many years before New Zealand Spring lamb just won't taste right unless it is served with Atlantic fiddleheads. □

Margaret Shibley Simmons



(Aili Kurtis)

La culture des têtes de violon

Lorsque les Loyalistes de l'Empire britannique vinrent s'établir au Nouveau-Brunswick en 1783, ils étaient bien peu préparés au dur hiver qui les attendait. Pour survivre, ils durent adopter les habitudes alimentaires de leurs voisins indiens, les Malécites. C'est ainsi que les têtes de violon, ces frondes étroitement enroulées de la fougère de l'autruche qui tapissent le sol des forêts humides tôt au printemps, apparurent sur leur table. Bien qu'on les considère aujourd'hui comme un délice gastronomique, leur mérite ne réside pas uniquement dans leur saveur particulière et délicate: leur teneur en protéines et en minéraux en fait également un mets hautement nutritif.

Toutes les fougères qui émergent du sol au printemps produisent des têtes de violon mais seules les crosses de la fougère de l'autruche, dont les frondes végétatives ressemblent à des plumes, sont comestibles. Le Dr Patrick von Aderkas, chercheur invité au Laboratoire de recherches de l'Atlantique à Halifax, précise que la récolte annuelle de têtes de violon s'élève à 250 000 kg et représente un apport d'environ 600 000 dollars à l'économie du Nouveau-Brunswick. La plus grande partie de cette récolte est vendue à l'état frais sur les marchés locaux mais on en congèle toutefois une faible quantité qui est envoyée dans le reste du pays. Le Dr von Aderkas croit, avec d'autres membres de l'*Atlantic Fiddlehead Research Organization (AFRO)*, que la récolte des têtes de violon pourrait trouver un marché fort important dont l'expansion n'est freinée que par l'actuelle pénurie de main-d'œuvre. Jusqu'à tout récemment, la commercialisation des têtes de violon était assurée presque uniquement par les membres de la *New-Brunswick Association of Metis and Non-Status Indians*. La totalité de la récolte, répartie sur une superficie d'environ 300 ha, provient du Nouveau-Brunswick.

Une étude sur la distribution des têtes de violon en Nouvelle-Écosse a permis au Dr von Aderkas de vérifier que les fougères poussent dans des habitats nombreux et variés et non pas uniquement sur le sol des forêts humides. Certaines variétés qui poussent sur un sol plus sec et plus exposé pourraient aisément être cultivées.

La longue période de maturation des fougères pose cependant un problème pour leur étude en laboratoire: il faut trois ans pour obtenir une petite plante

à partir de la spore de la fougère. Le Dr von Aderkas étudie la période de maturation de la plante dans des conditions de laboratoires variées en vue de raccourcir cette période et de faciliter l'étude des fougères.

Les fermiers qui envisagent de cultiver des fougères devront toutefois être patients: il faut cinq ans avant que la plante n'atteigne une taille suffisante pour survivre à la récolte des têtes de violon. Ce délai est beaucoup trop long pour le fermier qui compte sur le produit de sa récolte pour vivre. Les chercheurs espèrent donc trouver une variété mieux adaptée, qu'ils pourront ensemer de la même façon que l'on enseme des pommes de terre: en mettant en terre des sections du stolon souterrain qui donneront naissance à des plants entiers.

Le jour n'est peut-être pas éloigné où l'agneau de printemps de Nouvelle-Zélande ne pourra figurer au menu qu'accompagné de têtes de violon de l'Atlantique. □

Texte français: Line Bastrash



(C. Bird)

Will Canada soon see widespread fields of domesticated ferns?

Verra-t-on bientôt au Canada des champs de fougères cultivées s'étendant à perte de vue?

SCIENCE DIMENSION



Conseil national
de recherches Canada

National Research
Council Canada

Vol. 14, N° 3, 1982

Cité dans l'Index de périodiques canadiens
Cette publication est également disponible
sous forme de microcopies.

SOMMAIRE

- 5 Les fondements biologiques de l'acupuncture
Plus qu'une simple suggestion
- 11 La photogrammétrie
Nouvel outil pour la reconstitution des épaves
- 17 Le syndrome des tronçonneuses
Le blémissement des doigts
- 21 Pour exploiter les feux de la Terre
Le mont Meager mis en perce
- 27 En bref . . .
- 29 À l'assaut des pentoses
Des polluants mis à profit

Notre couverture

Le naufrage d'un galion basque du XVI^e siècle interprété par Aili Kurtis, artiste d'Ottawa. On a fait appel à la photogrammétrie pour la reconstitution de cette épave, la plus ancienne de celles qui ont été récupérées au Canada à ce jour. La zone où le galion a été découvert est indiquée par un "x" sur la carte (voir article page 5).



(Aili Kurtis)

Rédacteur en chef Wayne Campbell
Adjointe à la rédaction Margaret Shibley Simmons
Rédacteur exécutif Joan Powers Rickard
Editeur (textes français) Michel Brochu
Coordonnateur (graphiques) Stephen A. Haines
Photographie Bruce Kane
Coordonnateur de l'impression Robert Rickard
Conception graphique Acart Graphic Services Inc.
Imprimé au Canada par Imprimerie Beaugard Ltée
31159-0-0858

Tracking an internal analgesic

Acupuncture's biological basis

Dr. Bruce Pomeranz, a medical doctor and professor of neurobiology at the Zoology Department of the University of Toronto, has gone far in establishing the biological basis of acupuncture. His work, supported by the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC), provided the first scientific proof that acupuncture confers real neurological benefits; further, it has clarified the complex biochemical pathways by which acupuncture exerts its healing effect.

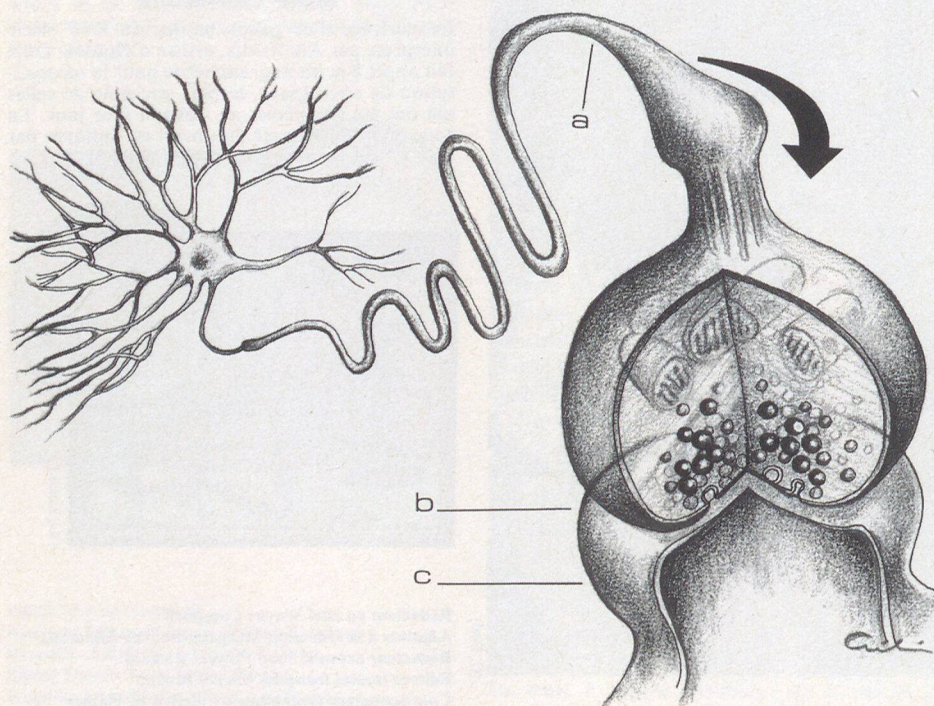
"Acupuncture," he comments, "can be an invaluable, noninvasive, nonaddictive therapeutic tool with

which to turn on the body's own, built-in painkilling and healing mechanisms. We now know a great deal about how this works."

In matters of science Dr. Pomeranz is an ultraconservative. He runs dozens of controls for every experiment, requiring many convergent lines of proof before accepting any fact or proposing any mechanism. He may carry out hundreds of experimental observations, he says, "to catch one datum or result," and always runs double blind studies and does sham (or false) acupuncture as well as other controls. "This kind of caution," he stresses,

Nerve impulses are transmitted from one nerve cell to another at "synapses"; here, the "axon" of the sending cell (A) contacts a specialized region on the receptor cell (B). Chemical transmitters released from vesicles in the axon by the impulse convey the "message" across a cleft region (C); the receptor cell either fires in turn, or the likelihood of its firing is reduced. These events begin and end almost instantly, whereas the onset of acupuncture's analgesic effect is delayed, and persists for some time once started.

L'influx nerveux se propage d'une cellule nerveuse à une autre en franchissant les synapses; ici, l'axone d'une cellule afférente (A) innervé une région de la cellule réceptrice (B). Des transmetteurs chimiques, dont la sécrétion par des vésicules situées le long de l'axone est déclenchée par l'influx nerveux, acheminent le message jusqu'à la cellule réceptrice en franchissant une scissure (C). Ceci peut se traduire soit par l'excitation de la cellule réceptrice, soit par l'inhibition partielle de son activité. Alors que ces mécanismes se déroulent à la vitesse de l'éclair, l'effet analgésique de l'acupuncture tarde à se manifester et dure longtemps.



"is vital in a field like this which is so fraught with controversy and politics."

Pomeranz's studies on acupuncture began in 1974, more by chance than design, when a Chinese student, Richard Cheng, joined his lab while he was working on pain circuits in mice and cats. His system was recording pain signals from neurons (single nerve cells) in the spinal cord of anesthetized animals and Cheng suggested looking at the effect acupuncture might have on pain transmission. "I was fully prepared to find nothing," recalls Pomeranz, "since at the time I believed, like most physicians, that acupuncture was more a psychological or imagined effect than a physical reality. We were amazed at what happened to spinal cord pain cells." After 20 min or so of electroacupuncture, applied at the distant *Hoku* point on the back of the animal's paw (between thumb and forefinger), the pain signals diminished and remained shut off for an hour or more after needling had ceased. The pain dampening continued long after acupuncture stopped. It was a puzzling and unexpected finding.

"For each experiment," stresses Dr. Pomeranz, "we did rigorous controls, gave sham acupuncture at nonacupuncture points, and found no pain lessening. In other words, we deliberately chose to stimulate a nerve distant from the pain cell we were measuring to counter arguments that our effects were due to overstimulation or fatigue."

Acupuncture consistently diminished pain signals, but its delayed onset and prolonged persistence defied current ideas about the nervous system, which postulated millisecond rapidity and instant recovery for neural events. "Our results simply didn't fit the currently held explanations of how acupuncture might work," says Pomeranz.

The *placebo* or psychological idea suggested that acupuncture worked in some inexplicable fashion by suggestion or distraction.

The *gate theory*, equally complex, depended upon the inhibition of pain signals by other, competitive neural processes.

"I had the perfect set-up to check out both theories," notes Pomeranz, "and my results refuted both the placebo and gate theories."

In Pomeranz's single cell experiments where pain signals were reduced, the animals were anesthetized; that is, their brain cortical circuits were shut off, ruling out a placebo or psychological explanations.

(Alii Kurtis)

Des analgésiques naturels au travail

Les fondements biologiques de l'acupuncture

Le Dr Bruce Pomeranz, docteur en médecine et professeur de neurobiologie au Département de zoologie de l'Université de Toronto, a montré les fondements biologiques de l'acupuncture. Ses travaux, qui ont reçu l'appui du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG), ont permis de confirmer les effets neurologiques bénéfiques de l'acupuncture et de mettre en évidence les mécanismes biochimiques complexes qu'elle met en action.

"L'acupuncture", explique le Dr Pomeranz, "est un outil thérapeutique non sanglant et non accoutumant qui stimule les mécanismes analgésiques et curatifs de l'organisme. Son mode d'action, qui est resté pendant longtemps mystérieux, est maintenant élucidé."

Le Dr Pomeranz est un scientifique ultra-conservateur. Il n'effectue aucune expérience sans mener en même temps des douzaines d'expériences témoins et il ne tire aucune conclusion sans avoir de nombreuses preuves à l'appui. Il lui arrive de relever des centaines de données expérimentales avant d'arriver à un résultat et ses essais sont toujours en double aveugle. Pour vérifier ses résultats, il procède à des essais factices et se sert de bien d'autres méthodes. "Ces précautions", souligne-t-il, "sont indispensables lorsque l'on a affaire à un domaine aussi controversé que celui-ci."

Le Dr Pomeranz a commencé à étudier l'acupuncture en 1974 et c'est surtout le hasard qui l'a amené à s'intéresser à ce sujet. En effet, alors qu'il étudiait la propagation de la douleur chez des animaux anesthésiés en mesurant les impulsions nerveuses acheminées par les neurones (cellules nerveuses) jusqu'à la moelle épinière, un étudiant chinois qui venait d'arriver dans son laboratoire lui suggéra de déterminer l'effet de l'acupuncture sur la sensibilité à la douleur. "J'étais persuadé que rien ne se produirait", raconte le Dr Pomeranz, "car, comme la plupart des médecins, je pensais à ce moment-là que l'effet de l'acupuncture était plutôt psychologique ou imaginaire que réel. Mais son effet sur les cellules nerveuses nous stupéfia." Après quelque vingt minutes d'électropuncture appliquée sur un point précis (Hoku) de la patte d'un animal, les impulsions douloureuses diminuèrent et disparurent pendant plus d'une heure et l'effet analgésique se prolongea encore davantage. C'était une constatation troublante et inattendue.

"Parallèlement à ces essais", souligne le Dr Pomeranz, "des expériences témoins rigoureuses furent effectuées. Mais celles-ci, qui comportaient une série de piqûres en des points aléatoires, n'aboutirent à aucune atténuation de la douleur. Nous avons même stimulé intentionnellement un nerf éloigné de la source de la douleur afin de nous assurer que l'effet obtenu n'était pas le résultat d'une stimulation excessive ou de la fatigue."

Bien que l'acupuncture ait de façon suivie atténué la sensibilité à la douleur, son effet retardé mais prolongé ne pouvait être expliqué. En fait, d'après nos connaissances actuelles du système nerveux, le temps de réaction aurait dû être de quelques millièmes de seconde et non pas de plusieurs minutes. "Ainsi, nos résultats ne cadraient pas avec l'interprétation classique de l'action de l'acupuncture", ajoute le Dr Pomeranz.

On attribuait en effet son action soit à un effet *placebo* ou psychologique qui aurait favorisé la suggestion ou la distraction du sujet, soit à la stimulation de processus nerveux antagonistes qui auraient inhibé les impulsions douloureuses.

"Bien que je disposais de tout ce qu'il fallait pour vérifier ces deux théories", remarque le Dr Pomeranz,

"mes résultats contredisaient aussi bien l'une que l'autre."

En effet, ses expériences ayant été réalisées sur des animaux anesthésiés et par conséquent inconscients, il était impossible d'attribuer l'effet de l'acupuncture à un effet placebo ou psychologique.

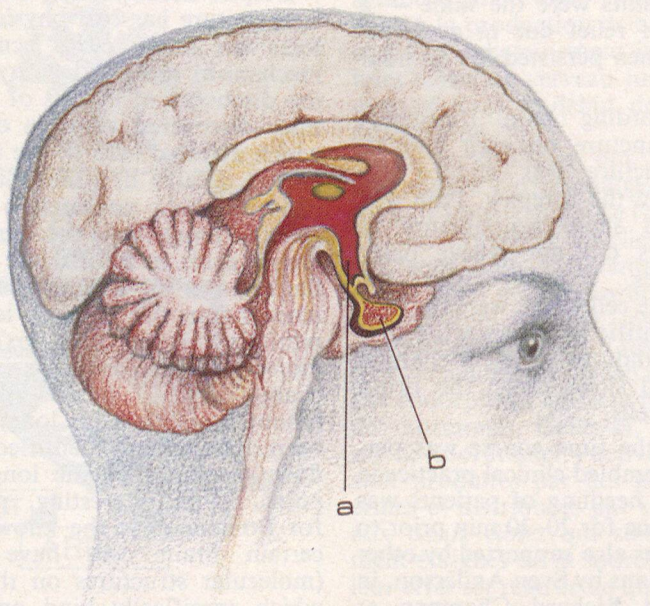
De même, comme l'atténuation de la douleur ne se faisait ressentir qu'une vingtaine de minutes après l'application des aiguilles, elle ne pouvait être le résultat d'impulsions antagonistes qui seraient apparues et auraient disparu à la vitesse de l'éclair.

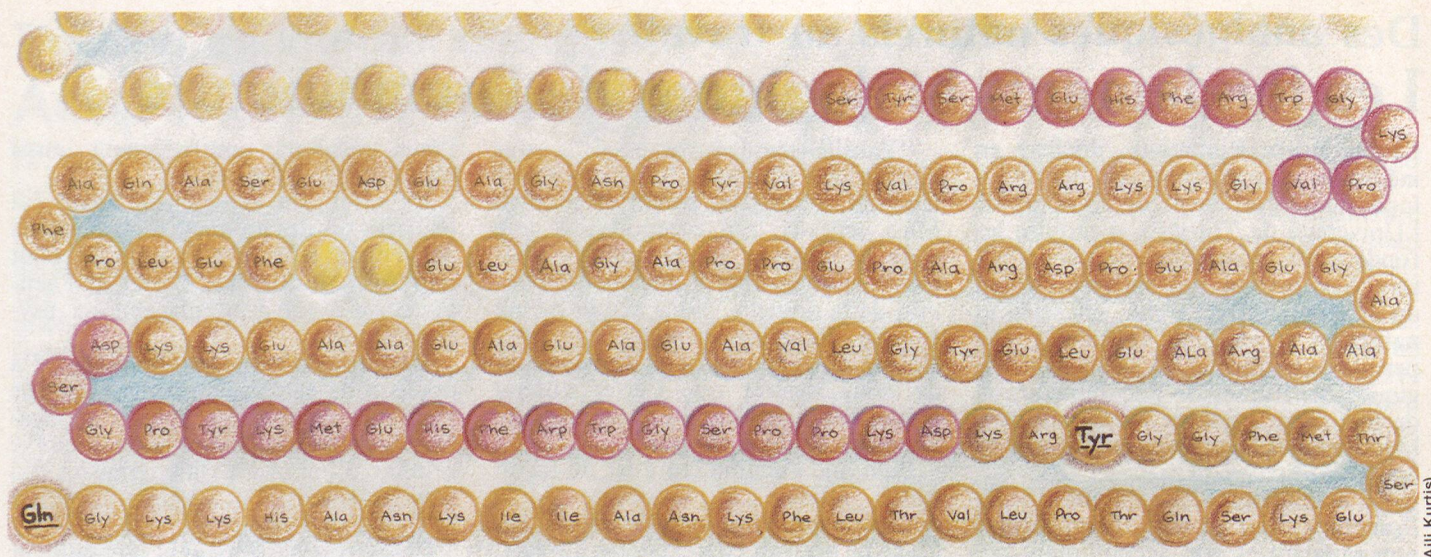
"Nos données étaient si originales et surprenantes", poursuit le Dr Pomeranz, "que nous avons préféré ne pas les publier immédiatement. Et, comme le temps d'action et la durée de l'effet de l'acupuncture ne pouvaient être expliqués en fonction des théories modernes sur le fonctionnement nerveux, nous avons continué à recueillir des données et à chercher des indices."

Ainsi, en collaboration avec le Dr Daryl Chiu, il effectua d'autres expériences qui consistaient à exposer des souris éveillées à une lampe chauffante en vue de déterminer le temps de leur réaction de retrait. "Comme cette expérience ne produisait aucune lésion de la peau", poursuit-il, "elle était moins stressante pour les animaux, et ceci

The hypothalamus (A) and the pituitary gland (B) are the regions of the brain that release pain-killing substances called endorphins (literally, endogenous morphine). Acupuncture apparently stimulates the release of these powerful analgesics.

C'est au niveau de l'hypothalamus (A) et de l'hypophyse (B), dans le cerveau, que les substances analgésiques puissantes appelées endorphines (d'après *morphine* endogène) sont sécrétées. Leur production semblerait être stimulée par l'acupuncture.





The gate theory did not apply because acupuncture took 20 min to take effect; pain reduction should have happened with lightning speed and faded fast — in milliseconds, not hours.

"Our data were so original and perplexing," continues Pomeranz, "that we held back from publishing. The acupuncture was too slow in starting and took too long to shut off, a contradiction to all ideas about neural events. We couldn't make sense of our findings; so, we just kept gathering results, looking for clues."

Jointly with his colleague Dr. Daryl Chiu, Pomeranz then devised new animal models to study pain in awake mice by noting how long it took for them to pull back from a heat lamp. "Since it didn't harm the skin," says Pomeranz, "it was less stressful to the animals, controlling and avoiding the complicating factor of stress on the body. Again we ran countless controls. Again the results were the same — a slow onset of relief due to acupuncture, which then persisted for an hour or more."

After recording pain thresholds before acupuncture on each animal, electroacupuncture was applied via tiny needles in the forepaw. Pain was reduced, and sham acupuncture at incorrect sites did not relieve pain. These studies, together with the previous single cell work, were the first rigorous scientific proof showing that acupuncture induces physical changes in nerves and slows down the firing rate of pain cells.

Although the time course was perplexing it resembled clinical practice in China where needling of patients was habitually done for 20–30 min prior to surgery. It was also supported by other work on humans by Sven Anderson, in Sweden, and Richard Chapman at

The amino acid sequence of pro-opiomelanocortin, a protein synthesized by the hypothalamus region of the brain and the pituitary gland; this molecule contains as many as 10 peptide messengers in its structure, which exhibit hormonal or other kinds of activities in the body. The amino acid sequence of beta-endorphin, the analgesic released by acupuncture, is one of these peptides, stretching from glutamine (Gln) at bottom left to tyrosine (Tyr) 31 units along the chain. The last five amino acids in endorphin (methionine (Met) to tyrosine) are the sequence for enkephalin, a smaller peptide which also exhibits strong analgesic properties.

Washington University, in the United States, on tooth pain in volunteer dental students who had experienced a gradual build-up of analgesia (pain relief) due to acupuncture. Laboratory-induced tooth pain was considerably lessened by electroacupuncture correctly given at the Hoku point at the back of the hand, but not relieved by sham acupuncture at other sites.

Despite accumulating evidence that acupuncture has real physiological effects on nerve cells, acupuncture's mechanism remained a mystery until the discovery of a class of brain peptides discovered about a decade ago which affected cells in the same manner as opiates like morphine. Called endorphins (a contraction of *endogenous morphine*) the peptides (31 amino acids in length) are located in the brain at the base of the hypothalamus and in the anterior lobe of the pituitary gland (see box). Smaller molecules with similar opiate-like characteristics called enkephalins (about 5 amino acids long) have also been detected and identified as breakdown products of the longer endorphins. More interesting, particularly for Pomeranz, is the knowledge that certain brain cells have receptors (molecular structures on the surface) which specifically bind opiates, and

Séquence d'acides aminés de la protéine propiomélanocortine, synthétisée au niveau de l'hypothalamus et de l'hypophyse, dans le cerveau. Cette molécule contient dix peptides messagers qui remplissent plusieurs fonctions dans l'organisme. La bêta-endorphine, analgésique sécrété sous l'effet de l'acupuncture, est l'un de ces peptides; elle correspond à la séquence de 31 acides aminés allant de la glutamine (Gln), dans la partie inférieure gauche du dessin, à la tyrosine (Tyr). Ses cinq derniers acides aminés (de la méthionine (Met) à la tyrosine) constituent la séquence de l'énképhaline, peptide plus petit et possédant également d'importantes propriétés analgésiques.

some of these are located in areas involved in the perception of pain.

"These chemicals act like morphine," explains Dr. Pomeranz, "and cause pain relief or happiness depending on which receptors (at nerve endings) they activate and where they come from. When the endorphins were first discovered, scientists hoped they would lead to the production of more effective narcotics (painkilling drugs). But this has been disappointing because, as Pomeranz points out, "anything taken in exogenously — from outside the body — is addictive and acts as a poison." In fact Pomeranz adds that painkilling endorphin-like drugs have been synthesized which are 20 000 times more potent painkillers than morphine, but unfortunately also 20 000 times more addictive. He suggests that a far better route is to try turning on the body's own endorphin production which is nonaddictive. Acupuncture does just that.

The discovery of endorphins gave Pomeranz and co-workers the clue to the mechanism of acupuncture. "As soon as we heard about endorphins," relates Pomeranz, "we gave naloxone — a drug that blocks endorphins — to anesthetized animals and found that it abolished the pain relief provided by acupuncture. This proved endorphins

rendait le facteur anxiété négligeable. Ici encore, des essais innombrables furent effectués, et dans tous les cas le soulagement fut lent à apparaître mais il se prolongea pendant une heure et parfois plus."

Après avoir déterminé leur seuil de sensibilité à la douleur, on soumit les animaux à l'électropuncture. On constata que lorsque les piqûres étaient réalisées en des points précis des pattes antérieures, la douleur était apaisée, mais lorsqu'elles étaient appliquées en des points aléatoires, aucun soulagement ne se produisait. De concert avec les travaux antérieurs, ces expériences ont permis de vérifier pour la première fois et de façon scientifique et rigoureuse que l'acupuncture produit des modifications physiques dans les nerfs et ralentit la propagation de l'influx nerveux au niveau des récepteurs sensoriels du cerveau.

Bien que le temps d'action de l'acupuncture semblait particulièrement long, il correspondait bien à l'intervalle de vingt à trente minutes que l'on observe en Chine entre la mise en place des aiguilles et l'intervention chirurgicale. En outre, les résultats du Dr Pomeranz se trouvaient également confirmés par les travaux d'un chercheur suédois, Sven Anderson, et de Richard Chapman, de l'Université de Washington, aux États-Unis. Ces derniers ont étudié la sensibilité des dents chez des étudiants volontaires qui avaient subi une analgésie graduelle par acupuncture. Les résultats prouvèrent que lorsque les piqûres étaient réalisées en un point d'acupuncture précis (Hoku), sur le dos de la main, la douleur était considérablement atténuée, mais lorsqu'elles étaient appliquées en d'autres points, aucun soulagement ne se produisait.

Malgré les nombreuses preuves que l'acupuncture avait vraiment un effet physiologique sur les cellules nerveuses, ce n'est qu'après la découverte de peptides particuliers dans le cerveau que son mode d'action a été élucidé. Ces substances, découvertes il y a une dizaine d'années, ont sur les cellules un effet semblable à celui des opiacés comme, par exemple, la morphine. Appelées endorphines (contraction de *morphine endogène*), ces peptides de 31 acides aminés sont situés dans la partie inférieure de l'hypothalamus et dans le lobe antérieur de l'hypophyse (voir encadré). Des molécules plus petites (comportant cinq acides aminés) et présentant des caractéristiques semblables ont été également mises en évidence. Celles-ci, appelées enképhalines, sont le produit de la dégradation des endorphines. Mais, ce qui intéresse particulièrement le Dr Pomeranz, c'est l'identification, à la surface de certai-

Le CRSNG

Des chercheurs universitaires comme Bruce Pomeranz auraient bien de la difficulté à poursuivre leurs travaux de recherche sans le soutien financier d'organismes comme le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG). En fait, le CRSNG distribuera près de 221 millions de dollars au cours de l'année 1982-83 à titre d'aide à la recherche au sein des universités canadiennes. Le Dr Pomeranz, scientifique de l'Université de Toronto, s'intéresse au rôle des endorphines dans la modulation de la douleur et bien que ses travaux de recherche soient surtout de nature fondamentale ils laissent entrevoir des retombées médicales évidentes; pour cette même raison, le Conseil de recherches médicales du Canada lui apporte également un soutien financier.

nes cellules du cerveau, de récepteurs moléculaires qui s'unissent spécifiquement aux opiacés et dont quelques-uns sont situés dans les zones de perception de la douleur.

"Ces substances agissent comme la morphine", explique le Dr Pomeranz, "et, selon les récepteurs qu'elles stimulent à l'extrémité des nerfs, elles peuvent atténuer la sensibilité à la douleur ou produire une sensation de bien-être." Au début, les scientifiques espéraient que la découverte des endorphines aurait pu conduire à la production de narcotiques (analgésiques) plus efficaces. Mais, à leur grande déception, il s'est avéré que lorsque les endorphines sont synthétisées à l'exté-

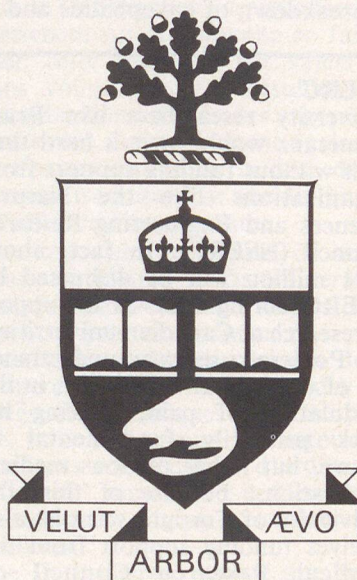
rieur de l'organisme elles se comportent comme toutes substances exogènes et sont susceptibles de provoquer une accoutumance ou d'agir comme un poison. En fait, les composés synthétisés d'après le modèle des endorphines ont manifesté une activité analgésique 20 000 fois supérieure à celle de la morphine, mais aussi une tendance à provoquer l'accoutumance 20 000 fois plus grande. Il est donc préférable de stimuler la sécrétion naturelle d'endorphines par l'organisme puisque, dans ce cas, elles ne produisent pas d'effets indésirables. C'est précisément ce que fait l'acupuncture.

La découverte des endorphines a ouvert une nouvelle voie au Dr Pomeranz et à ses collègues. "Dès que nous avons appris l'existence de ces substances", explique-t-il, "nous avons administré de la naloxone, composé qui inhibe la production d'endorphines, à des animaux anesthésiés et nous avons constaté que l'effet analgésique de l'acupuncture ne se produisait plus. Ainsi, cette expérience nous a permis de prouver que les endorphines interviennent d'une certaine façon dans l'atténuation de la douleur.

"Nous avons également constaté que l'acupuncture n'agissait pas sur des souris éveillées à qui on avait administré de la naloxone, mais que son effet analgésique continuait à se manifester chez les souris témoins qui n'avaient reçu qu'une solution saline." En 1976, le Dr Pomeranz et ses collègues de l'Université de Toronto publièrent le premier rapport qui mettait en lumière le lien existant entre les endorphines et l'acupuncture.

D'après le Dr Pomeranz, l'acupuncture stimule la production d'endorphines qui réduisent la transmission des impulsions douloureuses au centre sensoriel du cerveau, et le temps nécessaire à la production de ces substances et à leur acheminement jusqu'aux cellules cibles du cerveau justifie le délai observé dans le début de leur action analgésique.

Les endorphines ont ainsi permis d'expliquer l'effet analgésique retardé mais de longue durée de l'acupuncture. Or, les processus qu'elles mettent en jeu sont bien différents des autres mécanismes nerveux caractérisés par la propagation presque instantanée de substances appelées neurotransmetteurs produites au niveau des synapses. Les endorphines agissent plutôt comme des hormones. Celles-ci, dont le rôle est de coordonner l'activité cellulaire, sont produites par des glandes endocrines et distribuées par voie sanguine aux tissus cibles qui sont habituellement éloignés de la source. De ce fait, leur effet est retardé de quelques minutes ou même de quelques heures.



must contribute in some way to the pain relief.

"Secondly, we tested whether naloxone also blocked electroacupuncture pain relief in awake mice. It did, but control mice who got saline instead of naloxone injections continued to benefit from acupuncture." In 1976 Pomeranz and his associates at the University of Toronto published the first link between endorphins and acupuncture.

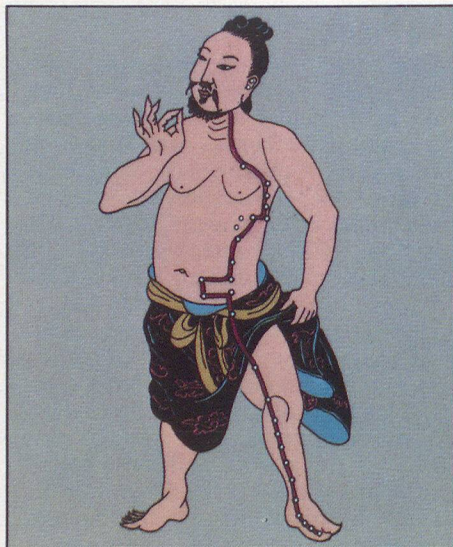
Pomeranz postulated that acupuncture releases endorphins from the mid-brain and pituitary, which dampen pain transmission in the brain areas where the signals are received. The time taken for the endorphins to travel from their site of synthesis to the brain target cells explained the delay in pain relief.

Pain relief mediated by endorphins answered the perplexing question of why acupuncture's analgesic effects are delayed, but, once operating, remain for so long. Such a process is quite unlike the usual nerve cell events, in which small chemicals called neurotransmitters are produced at nerve cell junctures and act almost instantaneously. Endorphins act more in the manner of hormones, the other system the body uses to coordinate cellular activities. Hormones are produced by endocrine glands and transmitted via the bloodstream to target tissues usually quite distant from the source gland. Consequently, their effects are delayed by minutes, even hours in some cases.

Some six months after this first paper on the endorphin-acupuncture story, similar studies in humans that supported this theory were published in the United States. Experiments showed that electroacupuncture reduced pain in volunteers given toothache by electric shocks. Naloxone abolished this acupuncture pain relief, whereas saline solution given to control subjects did not diminish the efficacy of acupuncture. Pomeranz also showed that increasing doses of naloxone increase the acupuncture blockade.

Shortly after these results were headlined, critics in *Science* magazine (1977) alleged that the naloxone studies alone were not sufficient proof that acupuncture releases endorphins. Opponents argued that the drug may simply have side effects unrelated to endorphins. Since then, however, many lines of evidence have accumulated to prove that acupuncture does work by releasing the body's own opiates.

"In our lab," notes Pomeranz, "we've produced over 12 papers with a slew of evidence confirming the endorphin-acupuncture connection. For instance, we've found that other endorphin antagonists also impede acupuncture pain relief, and that a stereoisomer



(Alii Kurtis)

of naloxone — a form which is physiologically inactive — fails to block acupuncture. This suggests that very specific receptors are involved in acupuncture analgesia."

In an effort to sidestep drugs and surgery, Pomeranz tried a new angle: the use of genetic tools. "We tested the endorphin link by breeding a strain of mice deficient in opiate receptors and unable to respond to morphine. These genetically defective mice also showed a poor response to acupuncture, substantiating the need for endorphin receptors in getting pain relief." Pomeranz adds that this may give us a hint as to why morphine and acupuncture only alleviate pain in about 70 per cent of people, speculating that, "Perhaps the other 30 per cent of non-responders are genetically short of receptors."

Recently, other chemicals have been found to potentiate acupuncture pain relief by preventing or slowing down the breakdown of enkephalins and en-

dorphins. These are antienzymes which help prolong pain relief by blocking the enzymes that are usually quick to destroy endorphins.

In the summer of 1979, Dr. Pomeranz went to China to attend a acupuncture congress in Peking with over 1000 presentations, some 400 of them on pain relief mechanisms. "It was amazing," remarks Pomeranz, "rather like going to Mars and finding someone had been there before you. China has a marvellous tradition of neurophysiology because of Dr. H.T. Chang, formerly of Yale, who went back to China after the revolution and founded many first-class research units. There are at least four top-notch labs doing work on endorphins, every bit as good as ours, and they have discovered many things before us, although we weren't aware of it and they never got the credit."

During his six weeks in China Dr. Pomeranz visited many research labs and witnessed work of the highest calibre, also gaining fresh glimpses of the wide healing powers of correctly applied acupuncture. "They may not all have microchip computers," he remarks, "but their handwired models give results as original and good as ours."

Pomeranz believes that the real problem in the West is that doctors know very little about acupuncture and tend to neglect 4000 years of useful, Oriental knowledge on how best to do it. Little wonder, since many of the recent Chinese findings are hard to get here, and even the papers published from the 1979 conference are not widely available in western medical libraries.

Although acupuncture has been slow in coming into western medical practice, things are changing. The new scientific evidence is eroding suspicion and winning over skeptics. Medical schools in Canada have recently added acupuncture to their curricula. One area where it has already proved clinically useful is in helping addicts through drug withdrawal. Acupuncture releases the body's natural opiates to tide them over the worst pangs.

Pain, according to Bruce Pomeranz, is the most common problem in clinical practice, and chronic pain is the number one reason for about 50-80 per cent of medical visits. Certainly, acupuncture is not now medicine's first line of defence against pain, but as Pomeranz and an increasing number of his colleagues are suggesting, it should be tried when other therapies fail. □

Dr. June V. Engel

Dr. June V. Engel is a Toronto freelance writer who specializes in medicine and biology.

NSERC

University researchers like Bruce Pomeranz would have a hard time of it without funding support from organizations like the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC). In fact, about \$221 million will be disbursed by NSERC during 1982-83 in support of research at Canadian universities. Dr. Pomeranz seeks an understanding of the role of endorphins in the modulation of pain, making his work primarily fundamental in nature, but it has obvious medical implications; because of this, the University of Toronto scientist also receives funding support from the Medical Research Council of Canada.

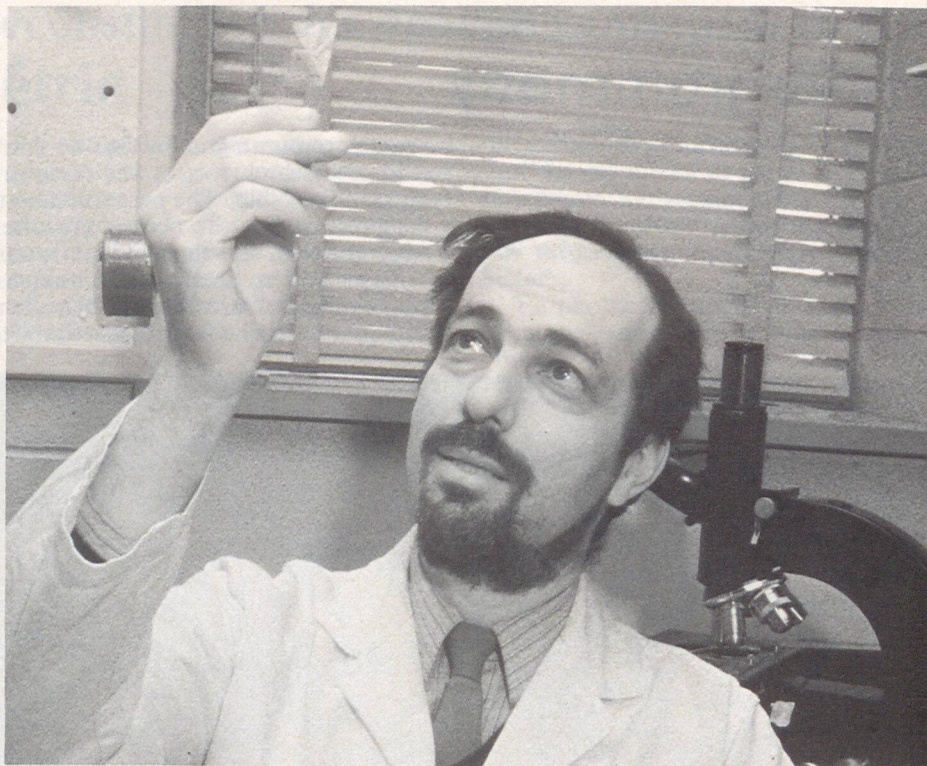
Lorsque ces résultats furent publiés, des critiques dans la revue *Science* (1977) alléguèrent que les expériences sur la naloxone ne pouvaient pas prouver à elles seules que l'acupuncture déclenchait la production d'endorphines. Mais, depuis ce temps, nombre de données ont permis de le confirmer.

"Nous avons déjà publié plus d'une douzaine de rapports qui, avec d'innombrables preuves à l'appui, démontrent l'incidence de l'acupuncture sur la production d'endorphines", ajoute le Dr Pomeranz. "Nous avons également constaté que d'autres substances antagonistes des endorphines suppriment l'effet de l'acupuncture, mais que son action analgésique n'est pas inhibée par l'administration d'un stéroïsomère (physiologiquement inactif) de la naloxone. Ces résultats laissent donc penser que l'acupuncture agit sur des récepteurs très spécifiques."

Pour vérifier son hypothèse, le Dr Pomeranz a adopté une approche génétique. "Nous avons effectué des expériences sur des souris présentant une déficience congénitale au niveau des récepteurs d'opiacés", explique-t-il, "et nous avons constaté que ces animaux, de nature insensibles à la morphine, réagissent très faiblement à l'acupuncture. Ceci nous prouve que les récepteurs d'endorphines jouent un rôle essentiel dans l'analgésie. Ces résultats permettent aussi d'expliquer pourquoi la morphine et l'acupuncture n'agissent que sur 70% des gens, le reste de la population étant probablement victime d'une insuffisance de ces récepteurs."

On a récemment découvert que d'autres produits chimiques potentialisent l'action de l'acupuncture en empêchant ou en ralentissant la dégradation des enképhalines et des endorphines. Ces substances prolongent le soulagement de la douleur en inhibant la production d'enzymes qui interviennent dans la dégradation des endorphines.

Au cours de l'été 1979, le Dr Pomeranz s'est rendu en Chine pour assister à un congrès sur l'acupuncture. Ce congrès, qui s'est tenu à Pékin, comptait plus de 1 000 exposés dont près de 400 sur les mécanismes de l'analgésie. "C'était incroyable", remarque-t-il, "j'avais l'impression d'être allé sur Mars pour découvrir que quelqu'un d'autre m'y avait précédé. La Chine possède une énorme compétence dans le domaine de la neurophysiologie; elle la doit en partie au Dr H.T. Chang, de l'Université Yale, qui est retourné dans son pays après la révolution culturelle et y a établi de nombreux centres de recherche de première classe. On peut citer au moins quatre laboratoires de haute compétence qui s'intéressent aux



(Bill Brown)

University of Toronto's Bruce Pomeranz: "... a slew of evidence confirming the endorphin-acupuncture connection."

"D'innombrables preuves démontrent l'incidence de l'acupuncture sur la production d'endorphines", déclare le Dr Bruce Pomeranz, de l'Université de Toronto.

endorphines et dont les travaux de recherche sont aussi valables que les nôtres. Ils ont réalisé de nombreuses découvertes avant nous sans même que nous le sachions et que le mérite leur en soit reconnu."

Environ six mois après que le premier rapport sur les endorphines et l'acupuncture ait été publié, des études semblables effectuées sur des humains et confirmant la même théorie furent rendues publiques aux États-Unis. Ceci incita le Dr Pomeranz à reproduire ses expériences sur la naloxone en faisant appel, cette fois-ci, à des sujets humains volontaires. Ses résultats, qui correspondaient à ceux des expériences précédentes, lui prouvèrent également que l'augmentation de la dose de naloxone se traduisait par une diminution de l'effet de l'acupuncture.

Au cours de son séjour de six semaines en Chine, le Dr Pomeranz a visité de nombreux laboratoires de recherche et pris connaissance de travaux d'excellente qualité qui lui ont donné un aperçu de la vaste gamme des propriétés thérapeutiques de l'acupuncture. "Bien que leurs laboratoires ne soient pas tous équipés d'ordinateurs modernes", remarque-t-il, "leurs résultats sont aussi originaux et valables que les nôtres."

Le Dr Pomeranz estime que les occidentaux, connaissant mal l'acupuncture, ont tendance à sous-estimer les

4 000 années de sagesse orientale qui sous-tendent son perfectionnement. Mais cette lacune n'est pas surprenante, car un grand nombre de publications chinoises récentes sont difficiles à obtenir ici, et même les documents publiés après la conférence de 1979 ne sont pas toujours disponibles dans les bibliothèques occidentales.

Bien que le secteur médical des pays occidentaux ait mis du temps à s'ouvrir à l'acupuncture, la situation évolue. Les nouvelles preuves scientifiques dissipent le doute et gagnent le respect des sceptiques, et le fait que des facultés de médecine canadiennes aient récemment inscrit l'acupuncture à leur programme en est la preuve. Elle s'est avérée particulièrement utile dans l'atténuation des symptômes de manque liés aux toxicomanies car, en déclenchant la production d'opiacés naturels, elle aide l'organisme à surmonter les crises les plus aiguës.

D'après le Dr Bruce Pomeranz, la douleur est le trouble pathologique le plus fréquent et de 50 à 80% des visites médicales sont attribuées à des douleurs chroniques. Même si l'acupuncture n'est pas encore l'arme de choix de la médecine pour lutter contre la douleur, on pourrait néanmoins y recourir lorsque les autres traitements sont sans effet. □

Texte français: Annie Hlavats

Aid to reconstruction Photogrammetry

"Roman shipwrecks discovered"
"Team attempts to locate Titanic"
"HMS Breadalbane — an intact ship under Arctic ice"
"Basque galleon discovered after 400 years"

Scarcely a month goes by that we don't read of a search for, or the discovery of, a sunken ship. The past still haunts the present, but the oceans are often reluctant to reveal their hidden spoils. Today, modern methods, techniques, and equipment are helping historians and marine archeologists not only to

precisely locate the buried treasures of centuries ago, but to reconstruct them in every detail.

The science of photogrammetry, traditionally employed in the fields of mapping and surveying, is one method currently being used in many other areas — from medicine to space ex-

Nouvel outil pour la reconstitution des épaves La photogrammétrie

"Découverte d'épaves romaines"
"Une équipe tente de localiser le Titanic"
"Le HMS Breadalbane: l'épave du navire est demeurée intacte sous la glace arctique"
"Découverte d'un galion basque immergé depuis 400 ans"

Pas un mois ne s'écoule sans que les journaux ne rapportent le départ d'une expédition à la recherche d'une épave immergée ou la découverte d'un navire naufragé. Si le passé hante sans cesse le présent, les océans sont par contre réticents à révéler leurs trésors cachés. Ce n'est qu'avec l'avènement des tech-

niques et de l'appareillage modernes que les historiens et les archéologues marins ont pu localiser avec précision des trésors enfouis depuis des siècles et les reconstituer dans leurs moindres détails.

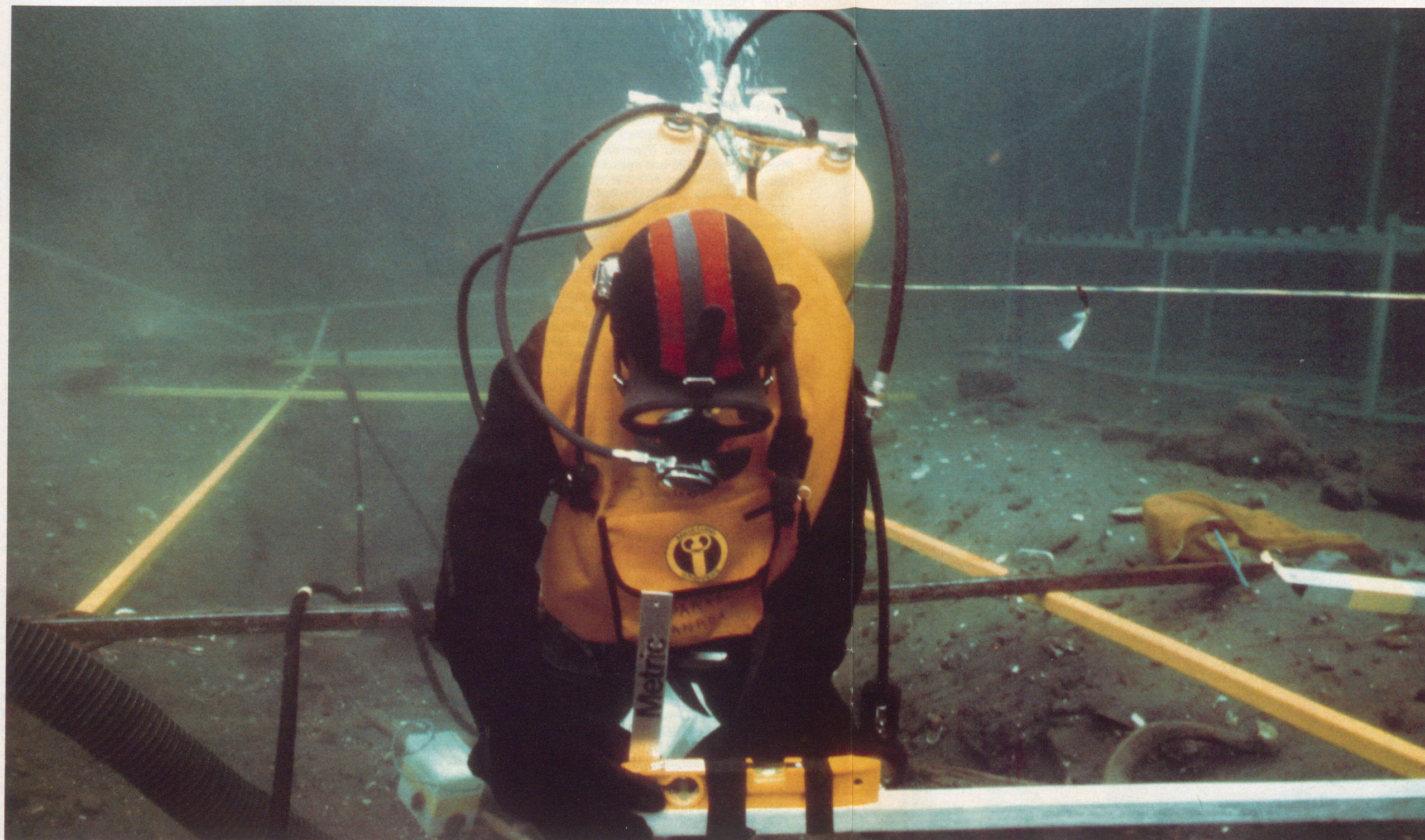
La photogrammétrie, technique traditionnellement utilisée pour la cartographie et les levés de terrain, voit aujourd'hui son champ d'application s'étendre à beaucoup d'autres domaines, de la médecine à l'exploration spatiale en passant par la restauration des antiquités grecques. C'est à la section de recherches en photogrammétrie de la Division de physique du Conseil national de recherches, pionnière en ce domaine, que l'on doit une bonne partie des bases théoriques de la photogrammétrie moderne et des techniques et appareils utilisés actuellement. Aussi n'a-t-on pas été surpris qu'en découvrant l'épave du galion basque *San Juan* au large des côtes du Labrador l'unité d'archéologie marine de Parcs Canada fasse immédiatement appel à la compétence technique de la section.

Avant même que Jacques Cartier n'ait "découvert" le Canada, les Basques avaient coutume de venir y chasser un mammifère alors fort recherché: la baleine. Reconnus comme les meilleurs pêcheurs de baleines et les meilleurs constructeurs de navires de l'époque, ils faisaient fondre le blanc de baleine pour obtenir de l'huile qu'ils chargeaient à bord de navires faisant route vers l'Espagne, leur pays d'origine. Mais le *San Juan* ne devait jamais regagner son port d'attache. En 1565, par une nuit d'orage, il coula dans la baie Rouge, déversant dans l'Atlantique toute l'huile qu'il transportait. Ce fut, à notre connaissance, le premier déversement accidentel d'huile "légère" de l'Histoire.

"La découverte canadienne revêt une très grande importance", déclare John Bell, de la Section des services de relevés des richesses du patrimoine de Parcs Canada. "Une large portion de la coque du navire est bien conservée en dépit de toutes ces années; de plus, il s'agit de la plus ancienne épave récupérée au Canada."

Un plongeur effectue le relevé de la charpente de la coque du *San Juan* en vue de dresser un plan d'ensemble qui permettra de reconstituer le navire naufragé.

A diver takes structural recordings of the *San Juan*'s hull in order to develop an overall plan for reconstruction.



(Underwater Archaeology Unit, Parks Canada) (Unité d'archéologie sous-marine de Parcs Canada)

ploration to the restoration of Greek antiquities. A pioneer in the field, the National Research Council's Photogrammetric Research Section, Division of Physics, has developed many of the basic photogrammetric theories, techniques, and instruments in current use. It is not surprising then that when the Basque galleon the *San Juan* was discovered by the Marine Archaeology Unit, Parks Canada, off the coast of Labrador, the Section's expertise was immediately called upon.

The Basques, the best whalers and master shipbuilders of their day, arrived in Canada before Jacques Cartier to exploit what was then a Canadian resource — whales. The blubber was boiled down for oil, loaded aboard ships, and taken back to Spain. But the *San Juan* never completed its last voyage. On a stormy night in 1565, in what may be described as the first oil spill in the Atlantic, it sank, fully loaded, into Red Bay.

"The Canadian discovery is important," says John Bell of the Heritage Recording Services Section, Parks Canada, "because a significant proportion of the ship's hull has been well preserved over the years and it represents the oldest shipwreck to be excavated in Canada."

Before operations involving moving of timbers could be undertaken, a complete record of the vessel had to be obtained. Usually this is done by mechanical means, which is painstakingly slow, not always accurate, and in this case, would have had to be carried out in extremely cold underwater conditions.

ingly slow, not always accurate, and in this case, would have had to be carried out in extremely cold underwater conditions.

"We didn't have the equipment to solve this particular problem," says Mr. Bell, "and since NRC was instrumental in establishing our photogrammetric group, and had the most advanced plotter in the world, our two groups decided to collaborate."

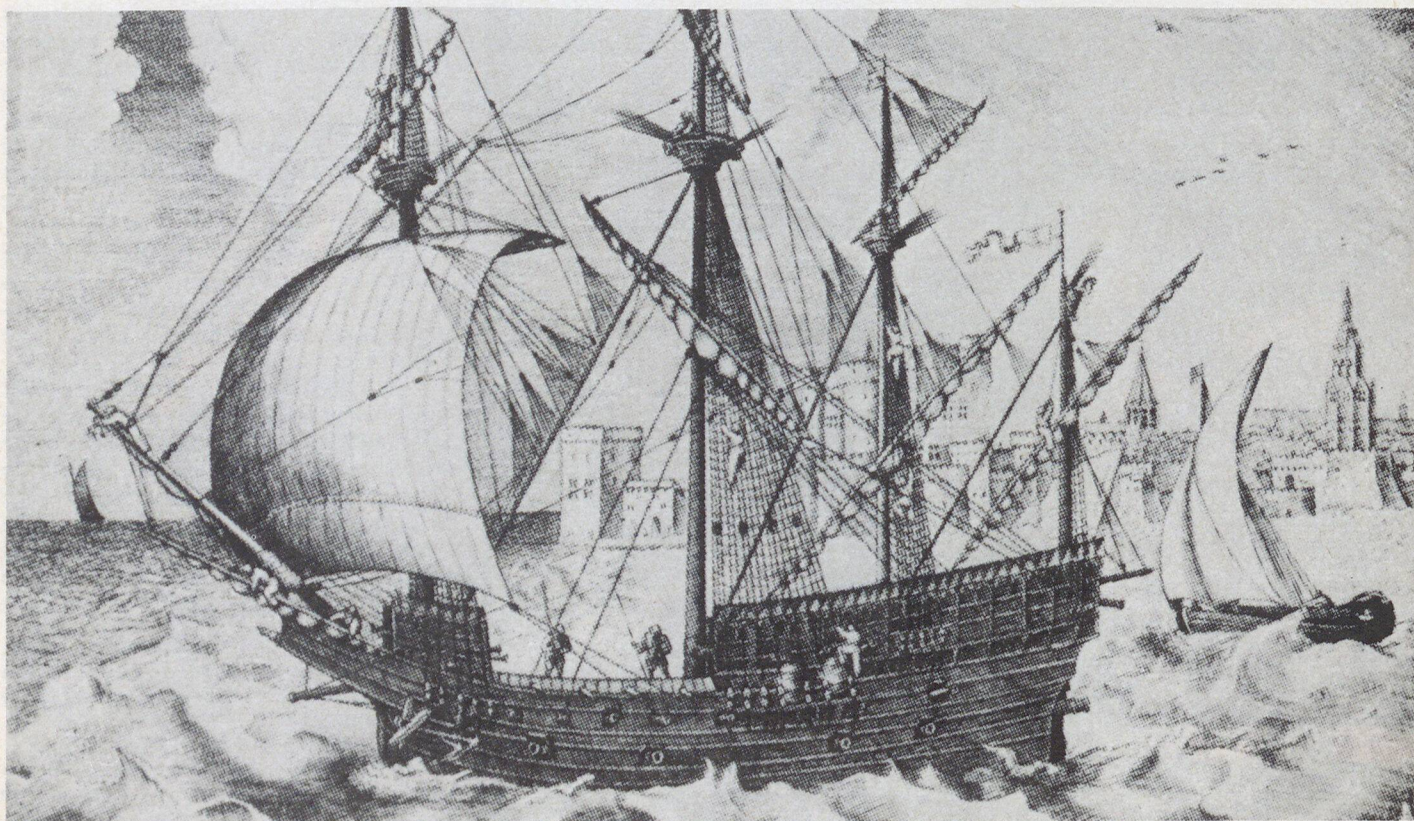
The analytical plotter, originally invented by NRC's U.V. Helava, with the first prototype being built in 1963, substitutes mathematical projection for the mechanical projection on which all other plotters rely. It makes obsolete the massive, costly, and cumbersome instruments, as well as the complicated procedures that were earlier required for plotting. Its three fundamental parts are an optical-mechanical measuring device much simpler than those of other plotters, a high-speed electronic computer, and a plotting table. While the operator is taking measurements of the photographs, the computer, performing up to 40 000 calculations per second, automatically makes corrections for such effects as lens distortion, camera tilt, film shrinkage, air refraction, or the earth's curvature. It also can compensate for errors of the measuring instrument itself. In addition to conven-

tional maps and drawings, the analytical plotter furnishes precise numerical values of coordinates, distances, directions, areas, volumes, and other quantities as requested. These values may be presented in graphical form or may be used in further data processing steps.

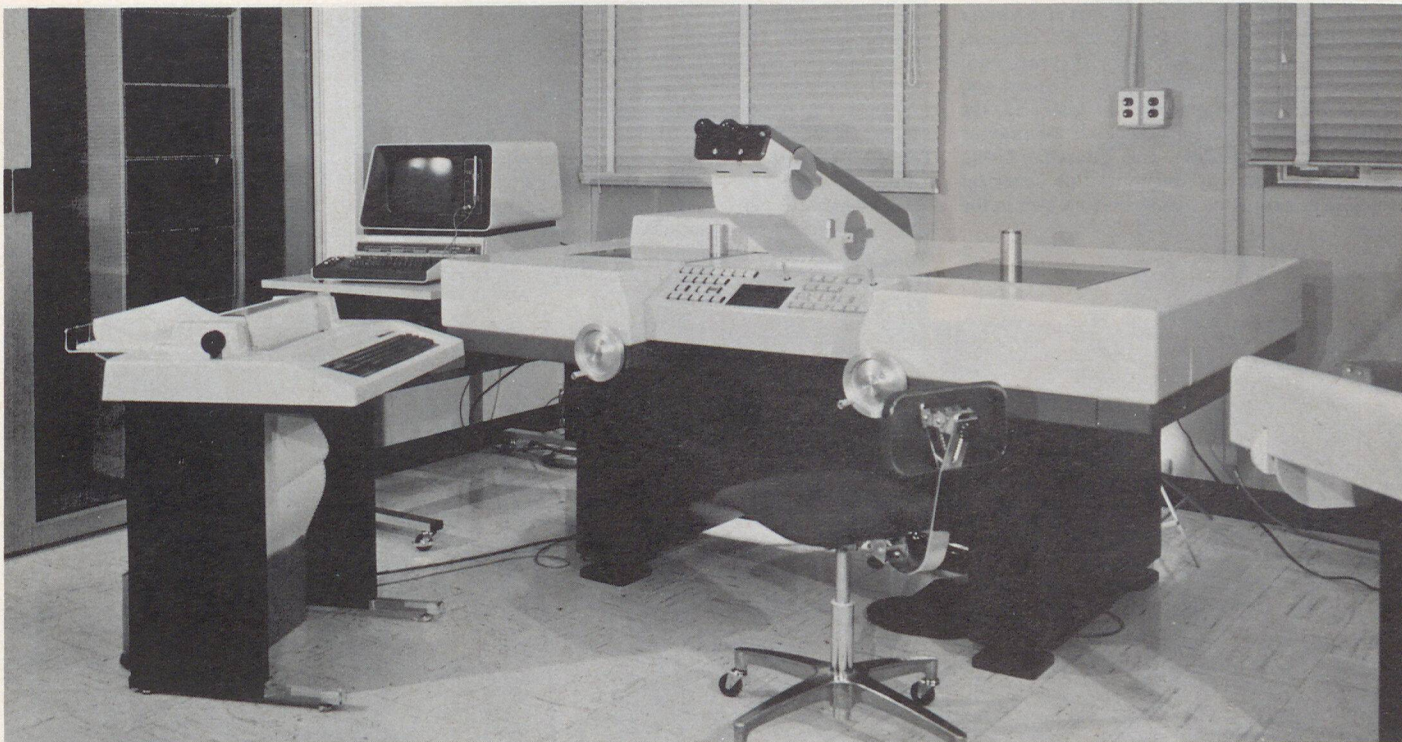
"The first thing we did," explains Marius van Wijk of the Photogrammetric Research Section, "was to agree on a technical test for the calibration of the camera (determining the focal distance and distortion pattern) which should be done on site underwater. It was important to have the local conditions because performance of the camera depends upon the temperature of the water, the salt concentration, and so on." A three-dimensional grid network of well-defined control points was set up, the camera was mounted above the grid, and photographs were taken. From these photographs, measurements were made and these were used to calibrate the camera. For the actual photography of the ship, a rigid frame with control points was used in order to be able to determine the orientation of the cameras from the photogrammetric measurements. It was therefore not necessary to precisely orient the cameras underwater. For three-dimensional information, stereo-photos were taken so that the profiles

This Flemish warship is of similar construction to the Basque whaling vessel, the *San Juan*.

La construction de ce navire de guerre flamand est semblable à celle du baleinier basque *San Juan*.



(Pieter Bruegel the Elder) (Pieter Bruegel le Vieux)



Division of Physics/Division de Physique

Avant qu'on puisse procéder à la remontée des membrures du *San Juan*, il est nécessaire d'effectuer un relevé complet du navire immergé. Habituellement, cette opération se fait par des moyens mécaniques; cette méthode est longue et laborieuse, pas toujours très précise et, dans le cas qui nous occupe, elle implique le travail de plongeurs dans une eau extrêmement froide.

"Nous ne possédions pas l'appareillage nécessaire pour faire face à ce genre de problèmes", poursuit M. Bell. "Par contre le CNRC, qui a contribué à la mise sur pied de notre groupe de photogrammétrie, possède le traceur de courbes le plus perfectionné du monde; nous avons donc décidé de collaborer avec le groupe de chercheurs du CNRC.

Le traceur analytique fut mis au point à l'origine par U.V. Helava, du CNRC, et le premier prototype fut fabriqué en 1963; il fait appel à la projection mathématique plutôt qu'à la projection mécanique, comme dans le cas des traceurs classiques. Avec ce traceur analytique, les instruments mécaniques coûteux et encombrants et les méthodes compliquées utilisés traditionnellement pour le traçage ont été relégués au rang de curiosités de musée. Le traceur analytique se compose de trois éléments de base: 1) un instrument de mesure optico-mécanique simplifié, 2) un ordinateur électronique rapide et 3) une table traçante. Pendant que l'opérateur effectue des mesures sur des photographies, l'ordinateur, qui est capable d'effectuer 40 000 opérations à la

NRC's anaplot — the third-generation analytical plotter.

seconde, procède automatiquement aux corrections rendues nécessaires par la distorsion des lentilles, l'inclinaison de l'appareil-photo, le retrait de la pellicule, la réfraction de l'air ou la courbure de la Terre. Il peut même compenser les erreurs de l'instrument de mesure! En plus de tracer cartes et dessins, le traceur analytique peut, sur demande, fournir les valeurs précises des coordonnées, des distances, de l'orientation, des surfaces, des volumes et d'autres quantités. Ces données peuvent être obtenues sous forme graphique ou enregistrées pour être traitées ultérieurement.

"Notre premier geste", précise Marius van Wijk, de la section de recherches en photogrammétrie, "fut de décider de la technique que nous allions utiliser pour l'étalonnage de l'appareil-photo (détermination de la distance focale et du diagramme de distorsion) lors des essais effectués sous l'eau, à l'endroit même du sinistre. Il était important d'effectuer ces essais sur les lieux du naufrage parce que le fonctionnement de l'appareil est influencé par la température de l'eau, la concentration saline, etc. À l'aide d'une grille tridimensionnelle comportant des points de contrôle bien identifiés et sur laquelle était monté l'appareil-photo, nous avons pris un certain nombre de photographies. Les mesures obtenues à partir de ces photos nous ont permis d'étalonner l'appareil. Nous avons

L'anaplot du CNRC: un restituteur analytique de troisième génération.

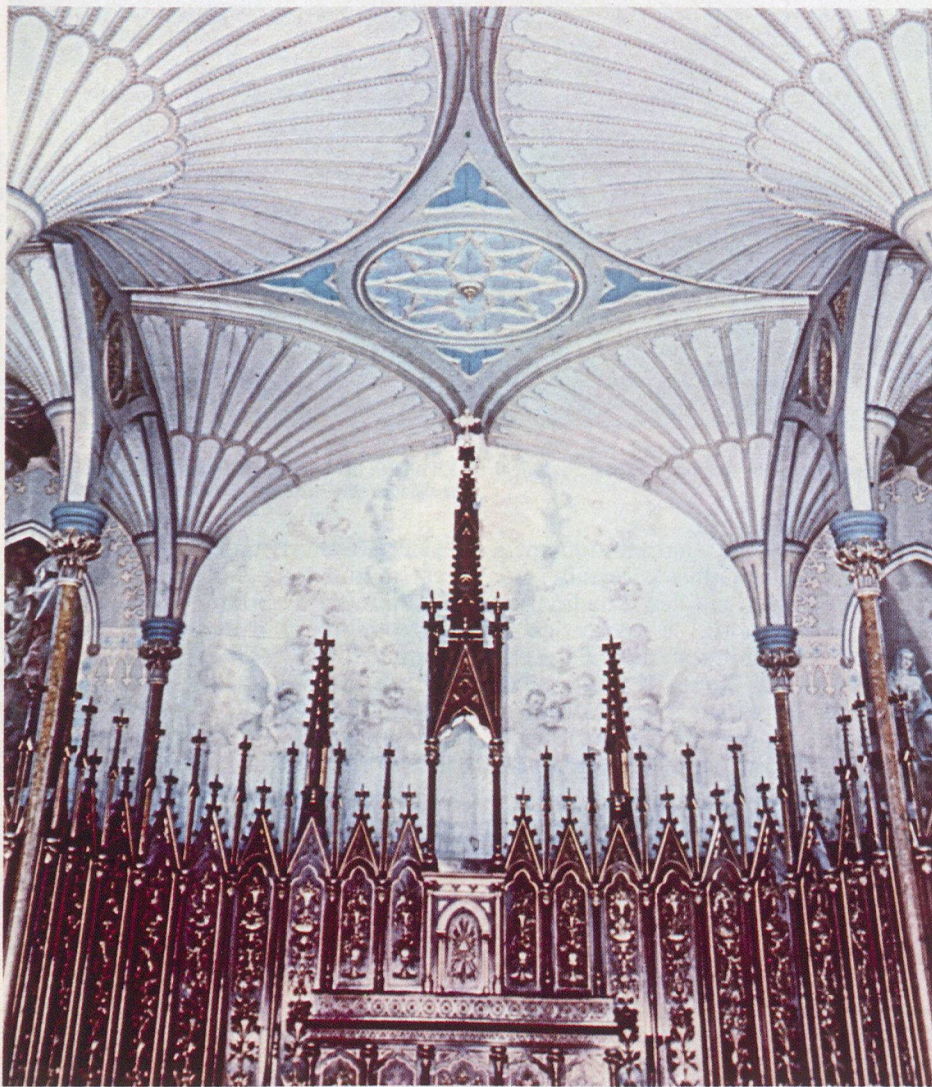
ensuite fabriqué un cadre reproduisant ces points de contrôle afin de déterminer l'orientation des appareils à partir de mesures photogrammétriques avant de procéder à la photographie de l'épave en tant que telle. De cette façon, il n'était pas nécessaire d'orienter les appareils-photos avec précision sous l'eau. Pour obtenir une image tridimensionnelle, des photographies furent prises au stéréoscope; elles permirent de tracer en détail les profils et les courbes de niveau du navire.

"Grâce à un instrument comme le traceur analytique", explique M. van Wijk, "nous pouvons facilement intégrer tous ces paramètres parce qu'ils nous sont fournis sous forme numérique alors que ce n'est pas le cas avec les instruments analogiques mécaniques. Nous pouvons ainsi, en très peu de temps, établir les dimensions de chaque membrure du navire original."

La simulation informatique, qui permet de représenter graphiquement un objet, fournit toute l'information nécessaire pour la reconstitution de l'épave; de plus, elle réduit le nombre de membrures qui doivent être remontées à la surface. (Une fois sortie de l'eau, l'épave se met généralement à pourrir à moins qu'elle ne soit conservée dans un milieu spécial.) Si on décide quand même de ramener le navire à la surface, ces dessins permettront de l'assembler de nou-

The fan-vaulted ceiling in the chapel of a former Ottawa convent represents early Quebec religious architecture. Before demolition 10 years ago, major elements of the fan vaults, windows, and reredos were photographed to scale by the Photogrammetric Research Section; the interior was then dismantled and stored. Using photogrammetric reproductions, this historical structure can be authentically reassembled in the future.

La voûte d'arête ogivale de cette chapelle d'un ancien couvent d'Ottawa est un exemple d'architecture religieuse québécoise du début de la colonie. Avant que la chapelle ne soit démolie il y a dix ans, certains éléments de la voûte, des fenêtres et des retables ont été photographiés à l'échelle par la section de recherches en photogrammétrie; ces éléments furent par la suite démontés et entreposés. Les clichés photogrammétriques permettront éventuellement de reconstituer ce décor historique en respectant son aspect original.



and contours of the ship could be plotted in detail.

"With an instrument like the analytical plotter," says Mr. van Wijk, "we can incorporate these parameters very easily since they are introduced in a digital form. This is not possible with mechanical analog instruments. The individual timber dimensions of the original ship can therefore be obtained in a very short time."

Computer simulation, with its graphic representation, provides all the relevant information required for reconstruction, and in addition, minimizes the number of timbers that need be recovered. (Once a vessel is

removed it will eventually rot unless preserved in a specially conditioned environment.) If it is lifted out, these drawings will help put it back together again because it cannot be moved *in toto*.

"Using photogrammetry," says John Bell, "allows more time to be devoted to analyzing the techniques of the shipwright — to determining how the ship was designed and constructed — so that an exact model could be built."

Concludes Z. Jaksic, head of the NRC group: "Since the invention of the analytical plotter, things have changed tremendously — not only the plotter but the environment in which



(Embassy of Greece) (Ambassade de la Grèce)

Some of the most famous buildings in the world are being ravaged by nature and modern civilization. Through the use of photogrammetry, which makes it possible to reconstruct features that no longer exist, statues in the Greek Acropolis will be restored to their original beauty.

we work. The NRC instrument was an early example of digital processing; now, with its wide-scale use, the plotter fits beautifully into other systems. We are no longer looking at it as a single piece of equipment, but as a component of computer systems. It is a significant change from what was envisaged at the beginning." □

Joan Powers Rickard



Les effets des éléments et les méfaits de la civilisation moderne contribuent à la détérioration de bâtiments de grande valeur historique. Grâce à la photogrammétrie, qui permet de reconstituer des ouvrages disparus, ces statues de l'Acropole d'Athènes retrouveront leur beauté originale.

veau, puisqu'il est virtuellement impossible de le remonter tout d'une pièce.

"La photogrammétrie nous fait économiser un temps précieux", explique John Bell. "Elle nous permet de nous concentrer davantage sur l'étude des techniques utilisées par le constructeur du navire, de sa conception à sa fabrication, et de faire porter nos efforts sur la réalisation d'une

réplique exacte du bâtiment original."

Le chef du groupe de chercheurs du CNRC, Z. Jaksic, conclut: "Depuis l'apparition du traceur analytique, les choses ont énormément changé, non seulement en ce qui concerne l'instrument utilisé mais aussi l'environnement dans lequel nous travaillons. Le traceur du CNRC fut l'un des premiers à faire appel au traitement numérique; aujourd'hui employé dans un grand nombre de domaines, il s'intègre admirablement bien à d'autres systèmes. Nous ne le considérons plus comme un instrument isolé mais comme faisant partie intégrante d'un ensemble de traitement informatisé. Cela représente



une évolution importante par rapport à l'intention initiale de ses créateurs." □

Texte français: Line Bastrash

Vibration Syndrome

"I felt some tingling and numbness on previous occasions but didn't think much of it. The first time I really paid any attention was when the tip of one finger turned white. By rubbing my hands together the color quickly returned. But in time, this deadness affected more fingers, and it took longer to get the feeling back. Cold and wet mornings are now particularly bad. My hands are unsteady and hard to control. I sometimes think I may have to find another line of work."

The speaker has worked in the woods for years with a chain saw, and anyone operating a hand-held vibrating tool for very long, a chain saw, rock drill, or similar device, probably knows what this is all about. Lumberjacks call it "white finger," "white hand," or even "dead hand" because of the pallor and numbness that develops. Symptoms range from minor discomfort (a pins-and-needles feeling) to serious circulatory problems which can, in extremely rare cases, include gangrene. Unfortunately VWF (vibration-induced white finger) seems to occur commonly among workers using hand-held vibrating tools; in fact, its onset may really be only a matter of time. Since there does not appear to be a cure, prevention seems to be the only answer.

Dr. Tony Brammer of NRC's Division of Physics, a specialist on the subject of hand-arm vibration has, since 1976, gathered and sorted through reports of VWF from many countries (chain saws are the best documented). This systematic approach of combing through all the available evidence and finding the common elements has provided him with a comprehensive picture of VWF.

"Vibration," says Dr. Brammer, "isn't the single cause of intermittent episodes of finger blanching and numbness — known as Raynaud's phenomenon; they may also be precipitated by injury, disease, frostbite, arteriosclerosis — perhaps even cigarette smoking. In fact, almost any factor affecting the 'tone' or normal, elastic state of blood vessels may contribute to the disorder; its underlying mechanisms aren't yet well understood. The probable explanation involves overstimulation of certain specialized receptors, called the pacinian corpuscles, by vibration, leading to a hypersensitive reaction. This in turn causes the small blood vessels to contract suddenly; as a consequence, the blood flow is interrupted, the fingers become



On-site measurement of vibrations during normal chain saw use. A McGill University team combines efforts with NRC's Tony Brammer to help establish safe vibration levels for day-long chain saw use by Canadian operators.

Mesure sur place des vibrations produites au cours de l'usage normal d'une tronçonneuse. Une équipe de chercheurs de l'Université McGill collabore avec le Dr Tony Brammer, du CNRC, à l'établissement de niveaux de vibrations admissibles pour l'usage quotidien de tronçonneuses au Canada.

discoloured, and there is a loss of feeling at the tips. If vibration exposure continues, nerves, bones, joints, and muscles can be affected. Most researchers agree that vibration, noise (also a vasoconstrictor), and cold are all implicated in the onset of VWF."

A British expert on VWF, Dr. William Taylor of the University of Dundee, now a consultant to the U.S. National Institute for Occupational Safety and Health, has outlined several stages in the development of the disease. His classification of symptoms, now widely accepted, includes a latent interval, that is, a period in which the hands are habitually exposed to vibration before the first appearance of a white finger tip; two intermediary

stages after the onset of symptoms; and finally stage 3, which is characterized by frequent, year-round episodes of finger blanching. By stage 3 most fingers are affected, and there can be a persistent reduction in tactile sensitivity. During this stage, the disease may become irreversible.

According to Dr. Brammer, the research at NRC has focussed on two fundamental problems of hand-arm vibration: the absence of information relating the intensity and duration of vibration exposure to the rate of development of VWF; and the transmission of vibration into the hand.

By examining the past experiences of groups of workers using similar power tools and performing essentially the

Le syndrome des tronçonneuses

"Il m'était déjà arrivé, à plusieurs reprises, de ressentir un fourmillement dans les doigts accompagné parfois d'un engourdissement. Mais, ce n'est qu'après avoir constaté que l'une de mes phalanges était devenue blanche que j'ai vraiment commencé à y prêter attention. Au début, cependant, il me suffisait de me frotter les mains pour que leur couleur redevienne normale. Mais, graduellement, cet engourdissement a gagné d'autres doigts et le retour de leur sensibilité a pris de plus en plus de temps. Aujourd'hui, ces troubles sont encore plus prononcés et c'est surtout lorsqu'il fait froid et humide qu'ils se font le plus ressentir. Mes mains tremblent et sont difficiles à contrôler et il m'arrive parfois même de penser qu'il me faudra changer de métier."

Tel est le témoignage d'une personne qui a abattu des arbres pendant des années à la tronçonneuse, et tous ceux qui ont utilisé des outils vibrants pendant une période prolongée, qu'il s'agisse de tronçonneuses, de marteaux pneumatiques ou d'autres dispositifs du même type, connaissent probablement ces symptômes. Ils constituent le syndrome de Raynaud que les bûcherons désignent couramment par "doigt blanc", "main blanche" ou même "main morte" en raison de la pâleur et de l'engourdissement qui le caractérisent. Les symptômes de cette maladie vont d'une légère sensation de fourmillement à des troubles circulatoires sérieux aboutissant dans certains cas, au demeurant fort rares, à la gangrène. Malheureusement, le syndrome de Raynaud semble surtout atteindre les ouvriers qui se servent d'outils vibrants et, comme on ne lui connaît pas encore de remède, la seule façon d'y obvier réside dans la prévention.

Le Dr Tony Brammer, de la Division de physique du CNRC, spécialiste des effets des vibrations sur les membres supérieurs, rassemble depuis 1976 des documents de plusieurs pays sur le blêmisement des doigts et notamment sur les cas associés à l'usage des tronçonneuses qui sont les mieux documentés. Son approche systématique, qui a consisté à étudier tous les documents disponibles sur le sujet et à relever les éléments communs, lui a permis d'expliquer de façon exhaustive la cause de ce syndrome.

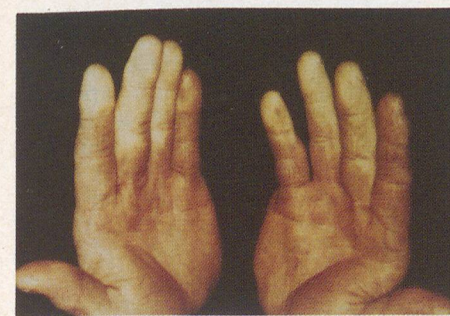
"Les vibrations", explique-t-il, "ne sont pas l'unique cause des épisodes intermittents de blêmisement et d'engourdissement des doigts qui caractérisent le syndrome de Raynaud; les

blessures, les maladies, les engelures, l'artériosclérose et peut-être même la cigarette peuvent également prédisposer l'organisme à cette maladie. En fait, bien que ses mécanismes de base n'aient pas encore été élucidés, il semblerait que presque tous les facteurs qui altèrent le 'tonus' ou l'élasticité normale des vaisseaux sanguins peuvent favoriser son apparition. On attribue son origine à une stimulation excessive de certains récepteurs spécialisés, appelés corpuscules de Pacini, et qui se traduirait par une réaction d'hyper-sensibilité. Cette réaction provoque à son tour une constriction soudaine des capillaires sanguins et, partant, l'interruption de la circulation sanguine, la décoloration des doigts et une perte de sensibilité à l'extrémité des dernières phalanges. Si l'exposition aux vibrations se prolonge, les nerfs, les os, les articulations et les muscles peuvent en être affectés. En outre, la plupart des chercheurs sont d'avis que l'effet combiné des vibrations, du bruit (qui provoque également la constriction des vaisseaux sanguins) et du froid contribue au déclenchement de cette maladie."

Le Dr William Taylor, de l'Université de Dundee, spécialiste britannique de cette maladie qui travaille actuellement à titre d'expert-conseil pour le National Institute for Occupational Safety and Health, aux États-Unis, en a défini plusieurs stades préliminaires. La classification des symptômes qu'il a établie est maintenant universellement acceptée. Elle comprend une période latente correspondant à la période d'exposition aux vibrations qui précède la première manifestation de la maladie, deux phases intermédiaires et une dernière phase caractérisée par des épisodes fréquents de blêmisements des doigts. À ce stade la plupart des phalanges sont atteintes, il y a risque de réduction permanente de la sensibilité tactile et la maladie peut devenir irréversible.

D'après le Dr Brammer, la recherche effectuée au CNRC dans ce domaine s'est attachée à deux problèmes fondamentaux: l'absence de corrélation entre l'intensité et la durée des vibrations et l'intervalle latent qui précède l'observation des premiers symptômes, et l'insuffisance des données sur la transmission des vibrations à la main.

Après avoir examiné les antécédents de groupes de travailleurs utilisant des outils à moteur du même type et dont les tâches étaient essentiellement semblables, le Dr Brammer a réussi à déter-



Cet ouvrier a sans doute ressenti un engourdissement et un fourmillement des doigts qui sont les premiers symptômes de la maladie de Raynaud. On peut voir sur la photo que ses doigts sont décolorés.

This worker has no doubt experienced the early symptoms of VWF, numbness and a pins-and-needles feeling. Note the discolouration of most of his fingers.

same work, Brammer has been able to establish the rate of disease development from measurements of tool vibration. In other words, he has a dose-response relationship that describes the manner in which vibration dose leads to the development of symptoms.

Dr. Brammer's data is of immediate practical value because it can be used to predict the consequences of regularly operating a particular power tool or working in an industrial process; as well, individuals susceptible to VWF can be identified, alerting them to the risks of continued exposure to vibration. More important, Brammer's data (now referred to as the Brammer "model") can be used to determine vibration exposure that can be tolerated for the duration of a working lifetime. This has been recognized by the International Organization for Standardization, which recently adopted the Brammer model as the basis for its "Guide for the measurement and the assessment of human exposure to vibration transmitted to the hand."

The exposure limits implied by Brammer's model are a great deal stricter than those set by the Canadian Standards Association for chain saws (these have been enforced by legislation in British Columbia since 1979). "The situation here in Canada is some-

The occupational hazard associated with tree harvesting operations is of concern to all Canadian chain saw workers.

what different than in European countries because of the seasonal nature of the job," says Dr. Brammer. "Most cutting operations here include a vibration-free period of up to four months, from the end of December to the beginning of May. Whether this is indeed a recuperative period isn't known yet. However, other northern countries with similar climates where, presumably, similar seasonal layoffs occur, show no significant difference from the rest of the world in the rate of development of the symptoms."

The increased prevalence of the white finger condition matches technological advances in the methods of cutting wood. With the coming of more powerful, lighter chain saws, the

Les dangers professionnels liés à l'abattage des arbres préoccupent tous les utilisateurs de tronçonneuses au Canada.



exposure to vibration increased dramatically. In earlier days, gas-powered chain saws were two-man machines used only for felling trees. Limbing was left to axe work. But with the new, lighter saws, limbing also became saw work. Where workers spent an hour at most doing saw work in the past, a full day wielding a chain saw is now common, increasing exposure to vibrations.

The dynamic imbalance of moving engine parts and the explosive combustion of gases are the main sources of these vibrations. As the saw's engine speed increases, higher vibration frequencies are generated. And, as these frequencies become higher, less energy is transmitted along the arms, that is, away from the hands.

In the last few years, chain saw manufacturers have equipped their saws with antivibration devices, which consist mainly of shock absorbers (rubber mounts) for the handles. It is now reasonable to expect a 9- to 10-year period before the appearance of the first white finger, whereas in the early 1970's, the average latent interval for the chain saw operator was about 4 years.

Unfortunately, the presence of the vibration isolators has complicated measurement of the vibration entering the hands, since the way the handles are held now significantly influences the levels observed. By studying the interaction between the hand (itself a complex viscoelastic system) and a handle, a satisfactory method for measuring the vibration of modern chain saws has been developed. This too has provided the basis for standards, both national and international.

This work indicates that a relaxed grip capable of adequately controlling the saw minimizes vibration exposure. "Padded gloves can provide additional protection," says Brammer, "but they are not by themselves a means of reducing hand vibration." Proper maintenance of the saw is a must. In the aging process, the rubber mounts on the handle harden or crack, becoming less resilient, and should be replaced.

Concludes Dr. Brammer: "The key to the prevention of VWF lies in reducing worker exposure to vibration, and this applies not only to chain saw operators but to all operators of hand-held tools or other industrial processes in which vibration is transmitted to the hand. With our ability to predict tolerable vibration levels and model the transmission of vibration into the hand, we are in a unique position to develop novel vibration-isolation systems for the many types of power tools." □

Patricia Montreuil



(Photothèque)

miner la durée de la période latente en fonction de la durée et de l'intensité des vibrations. En d'autres termes, il a établi une relation quantitative entre la dose de vibrations et la survenue des symptômes de blêmissement des doigts.

Les résultats qu'il a obtenus ont une valeur pratique immédiate car ils permettent de déterminer les risques d'une utilisation régulière d'outils vibrants ou de procédés industriels particuliers et, partant, de mettre en garde les personnes les plus vulnérables contre les dangers qui les menacent. Mais, chose encore plus importante, ces résultats, qui constituent ce que l'on appelle maintenant le modèle Brammer, peuvent être utilisés pour déterminer les niveaux tolérables d'exposition à des vibrations pour une vie entière de travail. Le modèle Brammer a été reconnu par l'Organisation internationale de normalisation qui l'a récemment adopté comme base pour son guide sur la mesure et l'évaluation des niveaux d'exposition aux vibrations transmises à la main.

Les niveaux d'exposition admissibles obtenus à l'aide du modèle Brammer sont bien plus rigoureux que ceux qui ont été établis par l'Association canadienne de normalisation pour les tronçonneuses (et qui ont été adoptés par la Colombie-Britannique en 1979). "Étant donné la nature saisonnière de l'exploitation forestière au Canada, la



situation chez nous n'est pas tout à fait la même que dans les pays européens", fait remarquer le Dr Brammer. "La plupart du temps les opérations d'abattage des arbres sont suivies d'une période "calme" allant du mois de décembre au début du mois de mai. Cependant, il est difficile de savoir si cet intervalle de quatre mois permet une récupération car dans les autres pays nordiques ayant un climat comparable à celui du Canada et où l'exploitation forestière est également saisonnière la période latente qui précède l'apparition des premiers symptômes est sensiblement la même que dans le reste du monde."

L'augmentation de l'incidence du syndrome de Raynaud va de pair avec le perfectionnement technologique des procédés d'abattage des arbres. L'avènement de tronçonneuses plus puissantes et plus légères s'est traduit par une exposition à un niveau de vibrations considérablement plus élevé. Autrefois, les tronçonneuses à moteur devaient être manoeuvrées par deux hommes et on ne les utilisait que pour abattre des arbres. L'ébranchage était effectué à la hache. Aujourd'hui ces deux opérations sont effectuées à l'aide des nouvelles tronçonneuses plus légères, et l'usage de cet outil, qui n'excédait pas une heure par jour, devient bien souvent continu, ce qui prolonge l'exposition aux vibrations des utilisateurs.

Ces vibrations sont en grande partie dues au déséquilibre dynamique des pièces du moteur en mouvement et à la combustion explosive des gaz. Avec l'accélération du moteur, la fréquence des vibrations augmente et la quantité d'énergie acheminée de la main vers le bras diminue, d'où le problème.

Depuis quelques années, les fabricants de tronçonneuses ont équipé leurs outils de dispositifs antivibrations, qui sont généralement des amortisseurs en caoutchouc pour les poignées. Ainsi, à l'heure actuelle, on peut

s'attendre à ce que les premiers symptômes de blêmissement apparaissent après 9 ou 10 années d'usage d'outils vibrants alors qu'au début des années 70 cette période latente n'était que de 4 ans.

L'utilisation d'amortisseurs a cependant rendu difficile la mesure des vibrations transmises à la main car les niveaux de vibrations enregistrés dépendent en grande partie de la façon de tenir les poignées. En étudiant l'interaction entre la main (qui est elle-même un système visco-élastique complexe) et la poignée, on a réussi à mettre au point une méthode satisfaisante de mesure de la trépidation des tronçonneuses modernes. Ceci a également servi de référence pour l'établissement des normes nationales et internationales.

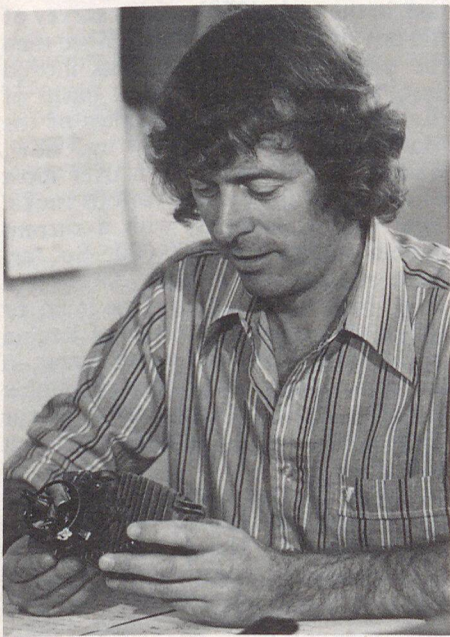
Ces travaux ont permis d'établir qu'en tenant les poignées d'une tronçonneuse de façon plus détendue, mais avec suffisamment de fermeté pour en assurer un maniement adéquat, on peut diminuer sensiblement l'exposition aux vibrations. "Le port de gants matelassés peut également fournir une protection supplémentaire", ajoute le Dr Brammer, "mais, à lui seul, il ne suffit pas pour éliminer la transmission de vibrations à la main." Un bon entretien de la tronçonneuse est également indispensable. À la longue, les poignées de caoutchouc durcissent ou se fendillent et perdent de leur élasticité; il est donc important qu'elles soient remplacées régulièrement.



(John Bianchi)

Mais laissons le Dr Brammer conclure: "La meilleure façon de prévenir le syndrome de Raynaud est de réduire l'exposition de l'ouvrier aux vibrations susceptibles d'être transmises à la main, que ce soit par l'usage d'outils vibrants ou par celui de procédés industriels particuliers. Cependant, maintenant que l'évaluation des niveaux de vibrations admissibles et la modélisation de leur transmission à la main sont réalisables, il nous sera possible de mettre au point de nouveaux systèmes d'isolation contre les vibrations applicables aux différents types d'outils à moteur." □

Texte français: Annie Hlavats



Tony Brammer: "Les Canadiens ont eu beaucoup trop tendance à croire que la maladie des vibrations était réservée aux travailleurs de la forêt."

Tony Brammer: "Chain saw operators are the best documented cases of white finger, but not the only ones."

Canada's first geothermal power plant? Under the volcano

Heat from beneath Mount Meager, a dormant volcano in British Columbia, is about to be tapped for generating electricity. Sean McCutcheon visited the site last September, and describes the first energy project of its kind in Canada.

Mount Meager, B.C.

There is a clearing at the side of the logging road in which you can park, and a trail which meanders down to a plank bridge. It crosses a turbulent stream showing that pale shade of turquoise which characterizes the cold waters from melting glaciers. But, as I was delighted to discover, this water is warm, warm enough for a hot bath. Further on there are steaming pools of scalding-hot water. Even in winter, I was told, when 3 m or more of snow has fallen, the gravel here is always bare.

These hot springs are on the southern flank of an upheaval of rock — four of its many peaks top 2700 m — called Mount Meager and located about 150 km north of Vancouver. Nearby, a large drill rig is boring down to tap the source which heats these springs. B.C. Hydro engineers are optimistic; they hope to find, under the mountain, a reservoir of water and steam big enough, hot enough, and powerful enough to run a commercial generating station. Here, for the first time in Canada, electricity may be produced from the Earth's heat.

Our planet, the geophysicists claim, is a nuclear-powered furnace. Radioactive elements in its interior decay naturally, ceaselessly generating heat. The total amount of this energy reaching the surface in a year is enormous — but so too is the surface over which this energy is spread. On the average, then, the heat flowing up beneath our feet in one year is only enough to melt a layer of ice a few millimetres thick.

But in exceptional places — where, for instance, the Earth's crust is fractured — this diffuse flow of heat is concentrated, and we have a potential source of geothermal energy. Geothermal energy is used, both for generating electricity and for heating space and water, in many countries, but as yet, not in Canada — except, of

course, at tourist resorts such as Banff Hot Springs.

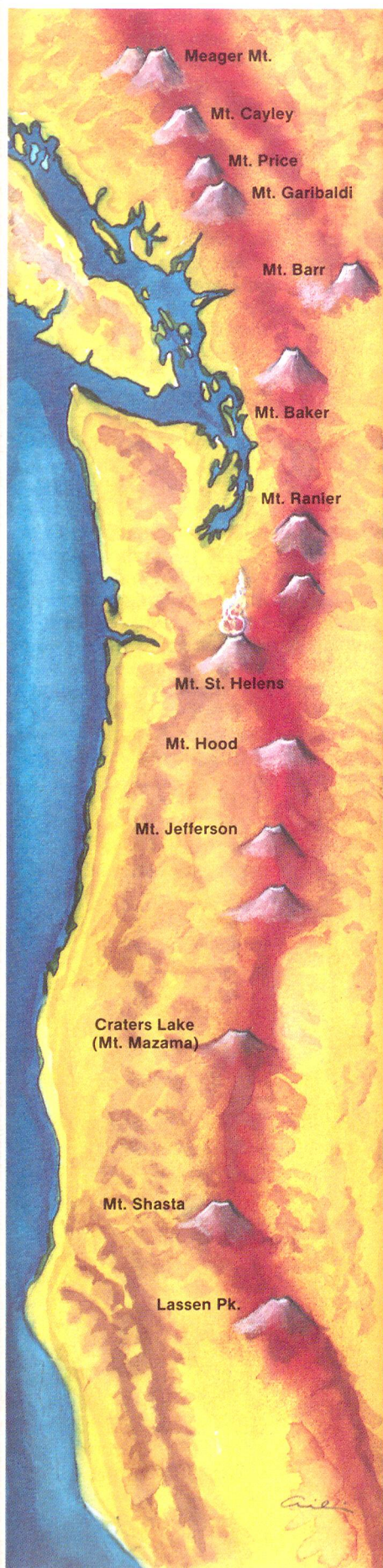
Strictly speaking, geothermal energy is not renewable. It is possible to exhaust a reservoir of its heat energy, though this has not yet happened anywhere in the world; the earliest reservoir of steam to be tapped, that at Larderello in Italy, has been producing electrical power, in steadily increasing quantities, since 1904. When we say that fossil fuels are nonrenewable, we mean that it may take millions of years for the oil from a depleted oil well to be replaced by nature. It probably takes only hundreds of years for volcanic activity to replenish cooled geothermal reservoirs. Geothermal energy, in other words, is inexhaustible.

Research and development in the field of geothermal energy by the federal government is coordinated by the National Research Council along with work on renewable energy sources: solar, biomass, wind, wave, nonconventional hydro. It is Energy, Mines and Resources, however (in particular, its Earth Physics Branch and the Geological Survey of Canada), which has actually planned and managed the systematic search for geothermal resources in Canada.

Geothermal explorers began their task in the early 1970's with a survey of the hot springs of the West. Since then the scope of their search has moved east, across the sedimentary basin of the Prairies, on to the granites of the Maritimes. They have, by now, walked, driven, and flown over most of Canada's immensely various rocks. The search continues, with a current annual budget of \$600 000. So far, from a mountain of data, two "best bets" have been picked. One is at, or rather under, the University of Regina in Saskatchewan; the warm water in the sedimentary rocks here is suitable for heating buildings but not for generating power. The other is Mount Meager.

Mount Meager stands at the northern end of the chain of volcanoes to which Mount St. Helens belongs. It too is a volcano. It last exploded some 2500 years ago, so violently that ash from that eruption can be found today, scattered across the Rockies and the western edge of the Prairies. Today it is dormant.

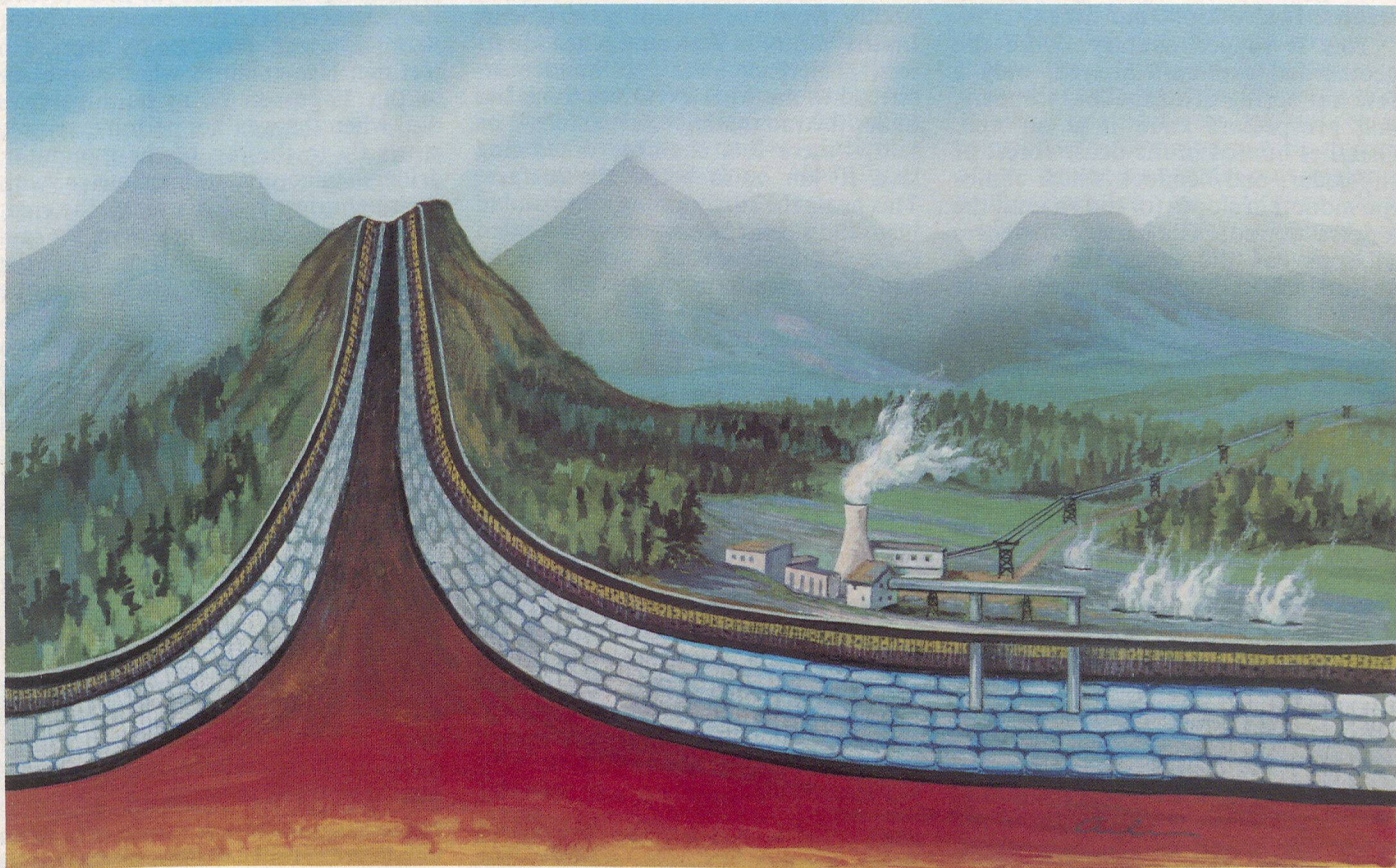
That Mount Meager's rocky roots were still hot was obvious from the evidence of its hot springs; this, coupled with its proximity to Vancouver, a major energy market, made



Meager Mountain (top) is one of many volcanic sites on North America's West Coast.

Le mont Meager (en haut) est l'un des nombreux sites volcaniques de la côte ouest de l'Amérique du Nord.

Une centrale géothermique canadienne Pour exploiter les feux de la Terre



(Aili Kurtis)

On s'apprête à tirer de l'électricité de la chaleur emmagasinée sous le mont Meager, volcan assoupi de la Colombie-Britannique. Séan McCutcheon s'est rendu sur place en septembre dernier et décrit le premier projet canadien de cette nature.

Mont Meager, C.-B.

Le long du chemin forestier il y a une clairière où l'on peut stationner; de là, vous suivez une piste sinueuse aboutissant à un pont de planches qui franchit un cours d'eau impétueux aux reflets turquoises caractéristiques des eaux froides issues de la fonte des glaciers. Aussi est-on agréablement surpris de constater que ces eaux sont chaudes et qu'elles le sont même suffisamment pour un bain. Si on poursuit son exploration on tombe sur des mares d'eau bouillante. Il paraît que même en hiver, avec une accumulation de neige dépassant parfois 3 m, le sol est toujours dégagé à cet endroit.

Ces sources chaudes sont situées sur le versant sud d'un soulèvement rocheux d'où émergent quatre pics atteignant 2 700 m de hauteur et formant le mont Meager, à environ 150

km au nord de Vancouver. Tout près de là, une grosse installation de forage a été mise en oeuvre pour atteindre la couche qui les alimente. Les ingénieurs de B.C. Hydro ont bon espoir de trouver sous la montagne un réservoir d'eau et de vapeur suffisamment chaudes et en quantités suffisamment importantes pour faire fonctionner une centrale géothermique. Ici, et pour la première fois au Canada, le chaleur du globe sera peut-être captée et transformée en électricité.

Les géophysiciens comparent notre planète à un réacteur nucléaire. Les éléments radioactifs de ses entrailles se désintègrent naturellement et, ce faisant, dégagent une chaleur continue. La quantité totale d'énergie de cette provenance qui atteint la surface du sol au cours d'une année est évidemment énorme mais n'oublions pas qu'elle est distribuée sur une étendue non moins énorme et que, finalement, elle ne peut faire fondre qu'une couche de glace de quelques millimètres d'épaisseur.

Il arrive cependant, mais c'est assez rare, que cet écoulement diffus de chaleur se concentre là où la croûte terrestre est fracturée et nous avons

La formation d'un réservoir géothermique résulte de la solidification des cendres volcaniques et de la transformation en vapeur à haute pression de l'eau ainsi emprisonnée et surchauffée qui peut alors être dirigée sur une centrale.

Geothermal power becomes feasible when volcanic ash hardens, trapping and superheating underground water to high pressure steam which can be piped to a generating station.

alors une source potentielle d'énergie géothermique. Si cette énergie est utilisée dans de nombreux pays pour fabriquer de l'électricité et couvrir les besoins domestiques (chauffage des locaux et de l'eau), elle ne l'est pas encore au Canada, à l'exception bien sûr des stations touristiques comme Banff Hot Springs.

En termes absolus, l'énergie géothermique n'est pas renouvelable. Les réservoirs géothermiques ne sont certainement pas intarissables, quoiqu'il n'ait encore été donné nulle part dans le monde de le vérifier; le premier réservoir de vapeur mis en service est celui de Larderello, en Italie, qui fournit de l'électricité en quantités croissantes depuis 1904. Lorsqu'on dit que les combustibles fossiles ne sont pas renouvelables on entend par là qu'il faut

it an attractive geothermal prospect. To get some idea of just how hot, and extensive, the potential reservoir was, it took a good deal of shallow drilling and geochemical and geophysical studies. It also took four lives.

This is rugged country. Until the geothermal explorers arrived, only a few hot spring aficionados, trappers, and prospectors knew it at all well. Grizzlies hunted in the dense forest of fir, cedar, and hemlock which climbs the mountain slopes (or did so until the loggers arrived). The harsh experiences of some of the mountain's earliest visitors are recorded in the names that grace its glaciers and creeks: Affliction, No Good, Devastation.

In 1974, four men were cutting lines through the bush in preparation for a resistivity survey. They had finished their day's work and were waiting by Meager Creek — probably with their boots off, cooling their feet — for the helicopter which was to take them home. High above them, a chunk of ice and snow broke free from Devastation glacier. As it fell, it loosened more material; a gathering pile of rock and dirt, bounding from one valley wall to the other, came ripping down the creek. It must have been travelling at 150 km/h when it struck the line cutters. When the helicopter pilot flew over, shortly afterwards, he could find not a trace of the crew, or even of the rendezvous point; all had been buried by the avalanche.

The exploration of Mount Meager continued. As the results grew more encouraging, B.C. Hydro, the prospective operator of a geothermal power plant here, gradually took over responsibility from the federal government. In the utility's Vancouver headquarters, project engineer Joe Stauder described to me what explorers think lies under the mountain. "Very likely," he said, "there is a chamber of cooling lava 10 km or so below the surface. This heats the surrounding rock, and in turn, the subsurface water. The heated water," he continued, "rises, cools, and falls again, circulating through hair-fine cracks. As it cools, it precipitates silica, clogging the rock fractures, and thus sealing the underground chamber. The lid is now on the pressure cooker, and within it, water becomes superheated."

The only way to really know what lies underground, of course, is to drill. During the summer of 1980, a B.C. Hydro crew encountered temperatures of over 200°C at a depth of only 367 m, using a light, exploratory drill rig; the rock cores they brought up showed chemical signs of being the silica-clogged lid capping a geothermal reservoir. On the basis of this and similar results, B.C. Hydro launched the next phase of development, a \$2 million deep-drilling and testing

The world's longest-operating geothermal power station, begun in 1904, is in Larderello, Italy.

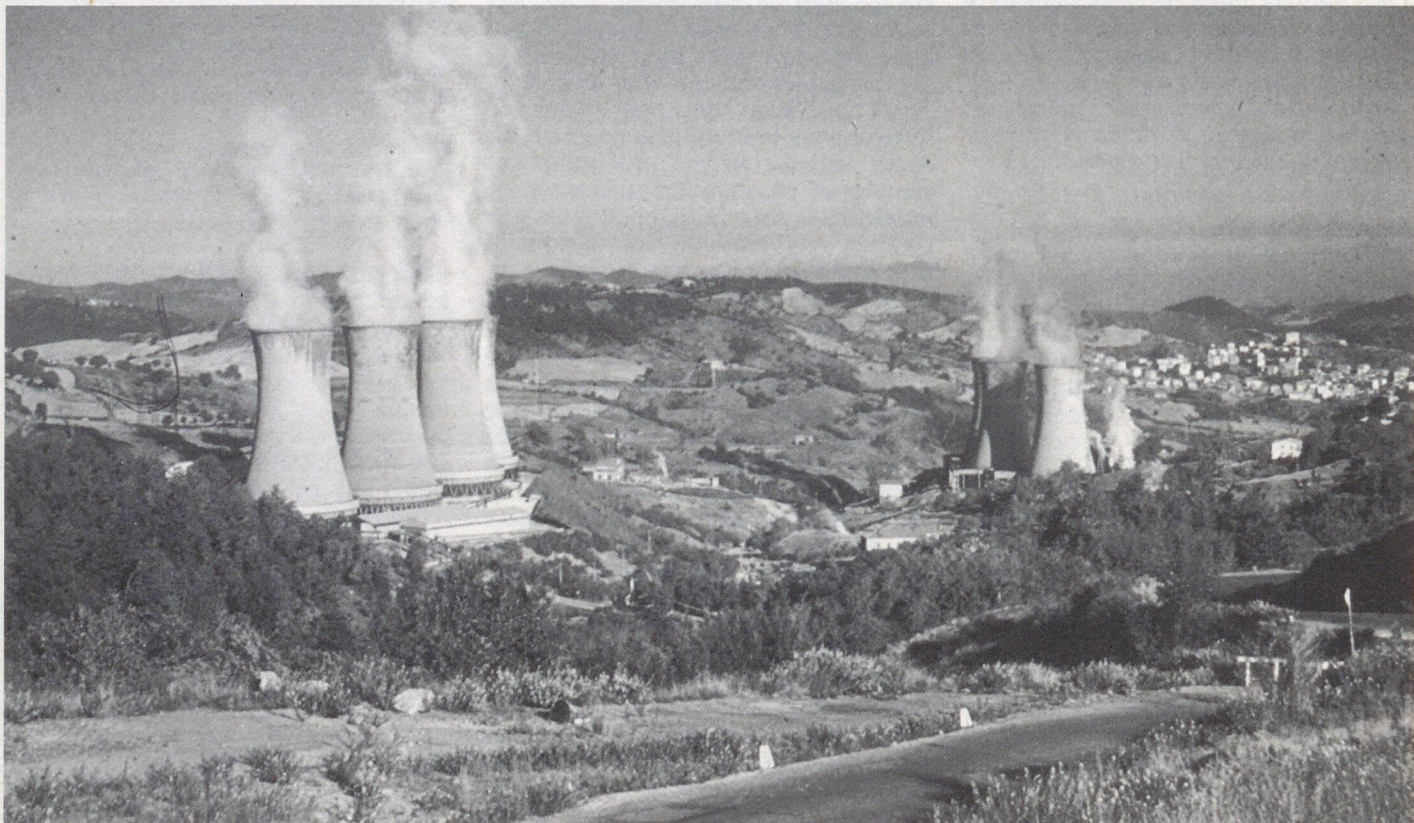
program. Late in June of 1981, a convoy of 60 trucks arrived at Mount Meager from Alberta, and a crew of 20 roughnecks erected a full-size oil-drilling rig. Gordon Boyd, B.C. Hydro site manager, was there to meet them.

Boyd, a lean and friendly Scot, also met me. He explained what everybody in the 50-person camp he supervises did: when the weather permits, seismic crews fly to the top of the mountain; drillers puncture its perimeter with their light rigs; geologists map the area. "The most interesting part," said Boyd in his trailer/office, "is the drilling. Would you like to see the rig?" I would.

It looked like a giant erector set, surrounded by neat piles of the paraphernalia drillers use: pipes, drill bits, sawdust, even sacks of walnut shells. Above the steaming rig, a thin, white thread of water — Angel Creek — tumbled off the mountain. Its waters are pumped down the hole to cool the rock-chewing, diamond-studded bit; they rise again, dishwater warm, laden with rock chips which are separated on a vibrating table and bagged for analysis by the geologists.

According to a TV monitor in the control room, the hole was 1400 m deep; it would take another month or so to reach its planned 3000 m. It was angled to point towards the mountain.

La plus ancienne station géothermique du monde est celle de Larderello, en Italie, qui a été mise en service en 1904.



(Alan Jessop)

draît des millions d'années à la nature pour régénérer un gisement de pétrole asséché. Par contre, quelques centaines d'années d'activité volcanique sont probablement suffisantes pour recharger les réservoirs géothermiques. L'énergie géothermique est donc inépuisable.

C'est au Conseil national de recherches qu'a été confiée la coordination des travaux de recherche et de développement fédéraux relatifs à l'énergie géothermique et à d'autres sources d'énergie renouvelables comme l'énergie solaire et éolienne, les vagues, l'énergie hydraulique non classique et celle de la biomasse. C'est, par contre, à la Direction de la physique du globe et à la Commission géologique du Canada du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources que l'on doit la planification et l'organisation de l'exploitation systématique des ressources géothermiques canadiennes.

L'exploration géothermique a commencé au début des années 70 par une étude des sources chaudes de l'ouest du pays. Elle s'est ensuite étendue à l'est, vers les granites des Maritimes, en passant par le bassin sédimentaire des Prairies. Les chercheurs qui se sont attelés à cette tâche ont depuis parcouru à pied, en voiture ou en avion la majeure partie de l'immense mosaïque rocheuse du Canada. La recherche continue avec un budget annuel atteignant actuellement 600 000 dollars. Après avoir analysé une montagne de données on n'a jusqu'ici retenu que deux "sites prometteurs". L'un est situé sur, ou plutôt dessous, les terrains occupés par l'Université de Regina, dans la Saskatchewan; l'eau chaude emprisonnée dans leurs roches sédimentaires conviendrait au chauffage des locaux mais non à la production d'électricité. L'autre se trouve au pied du mont Meager.

Le mont Meager, dont la dernière éruption il y a quelque 2 500 ans fut si violente que l'on peut encore en trouver des cendres dans les Rocheuses et à la périphérie ouest des Prairies, se dresse à l'extrémité nord de la chaîne volcanique à laquelle appartient le mont Saint Helens.

Le mont Meager est maintenant assoupi mais ses assises rocheuses sont encore brûlantes comme en témoignent les sources chaudes qui en jaillissent; leur proximité de Vancouver, important débouché énergétique, en rendait l'exploitation attrayante. La détermination de l'ampleur et de la température du réservoir a exigé de nombreux forages suivis d'études géochimiques et géophysiques, et coûté quatre vies.

C'est une région accidentée que seuls connaissaient bien quelques amateurs

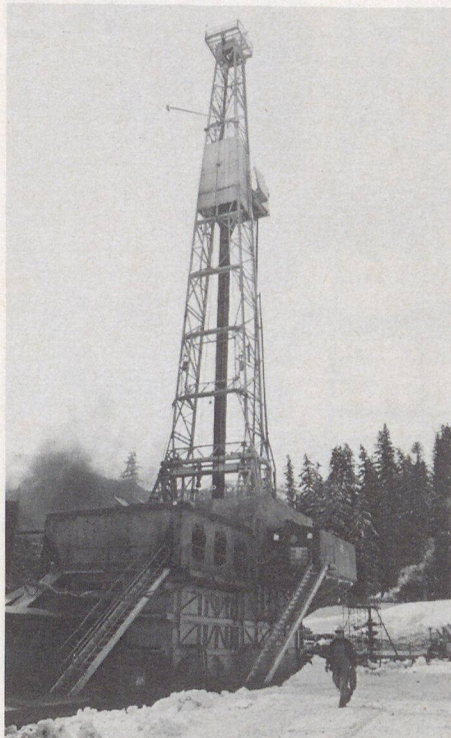
de sources chaudes, trappeurs et prospecteurs qui s'y étaient aventurés avant que les géothermiciens n'y pénètrent. Avant que les bûcherons ne les fassent fuir, les grizzlis chassaient dans la dense forêt de sapins, de thuyas et de pruches qui s'accroche aux versants de la montagne. Les épreuves endurées par les premiers visiteurs de ce pays montagneux se devinent dans les noms dont ils ont paré ses glaciers et ses criques: Affliction, No Good, Devastation.

En 1974, quatre hommes ouvraient des couloirs rectilignes dans les broussailles en vue d'une étude de résistivité. Leur journée de travail terminée, ils prenaient probablement un bain de pied en attendant l'hélicoptère qui devait les prendre à proximité de Meager Creek. Malheureusement, un bloc de glace et de neige, se détachant du Devastation glacier et rebondissant d'une paroi à l'autre en entraînant une masse énorme de roches et de boue, dont on a évalué la vitesse finale à environ 150 km/h, allait les écraser. À son arrivée au rendez-vous, peu de temps après, le pilote d'hélicoptère ne put trouver trace ni de l'équipe ni du point de rencontre convenu, ensevelis par l'avalanche.

L'exploration du mont Meager ne fut point interrompue pour autant et, à

Ces installations de forage de B.C. Hydro à la recherche des réservoirs de vapeur du mont Meager rappellent les derricks de l'Arctique.

Reminiscent of Arctic oil rigs, B.C. Hydro's drill seeks Meager Mountain's steam resource.



mesure que s'accumulaient les résultats encourageants, B.C. Hydro, qui projette d'y exploiter une centrale géothermique, prit graduellement la relève du gouvernement fédéral. Au siège de la compagnie, à Vancouver, l'ingénieur du projet, Joe Stauder, m'a dit que les techniciens s'attendent à trouver sous la montagne, à environ 10 km de profondeur, une poche de lave qui, en se refroidissant, communique sa chaleur aux roches environnantes puis aux eaux souterraines en contact avec elles. "L'eau ainsi chauffée", continue-t-il, "monte, se refroidit et retombe, pénétrant dans des fissures capillaires au cours du processus. En se refroidissant, cette eau précipite de la silice, colmatant les fractures rocheuses et scellant de ce fait la poche souterraine. La marmite à pression maintenant hermétiquement fermée, l'eau devient surchauffée."

La seule façon de savoir vraiment ce qui se passe est bien sûr de forer. Se servant d'une installation de forage légère, une équipe de B.C. Hydro a relevé au cours de l'été 1980 des températures dépassant 200°C à seulement 367 m de profondeur; les carottes prélevées au cours de l'opération comportent des indices chimiques donnant à penser qu'elles proviennent du couvercle siliceux obturant un réservoir géothermique. Nantis de ces données et d'autres résultats similaires, B.C. Hydro s'est attaquée à la phase suivante du développement, c'est-à-dire à un programme d'essais et de forage profond de 2 millions de dollars. Vers la fin de juin 1981, Gordon Boyd, chef de chantier de B.C. Hydro, accueillait au mont Meager un convoi de soixante camions et vingt foreurs de l'Alberta pour la mise en place d'une installation de forage classique.

Boyd m'a accueilli chaleureusement dans la remorque qui lui sert de bureau et m'a décrit les fonctions de chacune des cinquante personnes du chantier qu'il dirige: lorsque les conditions météorologiques le permettent, des équipes sismiques s'envolent vers le sommet de la montagne; les foreurs percent sa périphérie avec des appareils légers, pendant que les géologues cartographient la région. "La partie la plus intéressante", précise Boyd, "est le forage", et il m'invite à inspecter l'installation.

On a l'impression d'être devant un jeu de construction géant entouré d'empilements bien ordonnés de matériels utilisés par les foreurs, c'est-à-dire de tuyaux, de trépan, de sciure de bois, et même de sacs de coquilles de noix. Au-dessus de l'installation de forage en action, un mince filet d'eau blanche, celle d'Angel Creek, dévale de la montagne. Ses eaux sont captées et



Conversation is limited to sign language when high pressure steam is released from its underground store.

Lorsque la vapeur à haute pression sort de sa prison souterraine il n'est pas question de communiquer autrement que par gestes.

It was being cased in concrete and steel to serve as a production hole — a well up which superheated water can rise, to flash to steam when its pressure is reduced, and thus drive the turbine blades of a generator.

"So far," said Boyd, "nothing has gone wrong. We might have twisted pipes, or veered off line, or hit pockets of gas, but we've been graced with good luck."

If the good luck continues, Boyd will supervise the drilling of a second production hole this winter; for the first time exploration will continue year round at Mount Meager. Hot water which flows up one well can then be reinjected down the second, while engineers gauge the energy potential of the underground reservoir and plan its exploitation. If the first two wells give encouraging results, the plan over the next two years will be to drill and test further wells in the same area. Should a sufficient quantity of steam be found, construction of a 55 MW pilot plant could begin as early as 1984.

By means of this practical experiment, B.C. Hydro will find out just how the cost of geothermal power in Canada compares with that of power from more conventional sources. The expectation is that, as experience elsewhere shows, it competes with medium-sized hydro, and is more cost-effective than fossil- and nuclear-fuelled power plants. It is also expected that geothermal power compares favorably with its rivals in terms of environmental impact. The most common pollutants from geothermal plants, hydrogen sulfide gas and hot salty water, can be controlled without great difficulty or expense; the gas can be "scrubbed" and the hot water re-injected underground.

Boyd told me of the pleasure he takes in hiking, with his family, to the wild, alpine meadows at the top of nearby Singing Pass. He told me, as well, about the hydroelectric dam he helped build before coming to Mount Meager. "We had to flood 20 ha, but that wasn't a bad environmental price to pay for 800 MW of power," he said. "I don't like flooding extensive tracts of land. Nuclear, like other power sources, has its problems. Personally, I'm all for geothermal energy. It's hard to find bad things to say about it." □

Séan McCutcheon

Séan McCutcheon is a freelance writer working in Montreal.

(B.C. Hydro)



(Alan Jessop)

envoyées au fond du puits pour refroidir l'outil de forage; elles en ressortent chaudes et chargées de fragments rocheux qui sont triés sur une table vibrante avant d'être ensachés pour être analysés par les géologues.

Si l'on se fie à l'écran de télévision placé dans la salle des opérations, le forage a maintenant atteint 1 400 m de profondeur et il faudra encore un autre mois avant qu'il n'atteigne les 3 000 m prévus. On l'a orienté de telle façon que sa base soit dirigée vers la montagne. Les travaux en cours, cimentation et insertion d'un tubage d'acier permettant à l'eau surchauffée de monter, de passer à l'état de vapeur lorsque sa pression tombe et d'entraîner ainsi les aubes de la turbine d'une génératrice, en feront un puits d'exploitation.

"Jusqu'ici", poursuit Boyd, "tout va bien. Bien sûr, on a bien tordu quelques tuyaux ou quelque peu dévié du plan de forage ou, même encore, percé quelques poches de gaz mais nous avons vraiment eu de la chance."

Si la chance ne l'abandonne pas, Boyd supervisera le forage d'un deuxième puits d'exploitation cet hiver et, pour la première fois au mont Meager, l'exploration se poursuivra à

Geothermal sites betray themselves by melting snow almost as fast as it falls. Meager Creek and one of B.C. Hydro's survey helicopters.

l'année longue. Il deviendra alors possible d'injecter l'eau chaude sortant d'un puits dans un autre pendant que les ingénieurs évalueront le potentiel énergétique du réservoir souterrain et planifieront son exploitation. Si les deux premiers puits donnent des résultats encourageants, il est prévu d'en forer et d'en tester d'autres dans la même région au cours des deux prochaines années. Dans l'éventualité où l'on découvrirait une réserve suffisante de vapeur, la construction d'une centrale pilote de 55 MW pourrait être envisagée dès 1984.

Grâce à cette expérience concrète, B.C. Hydro sera en mesure de comparer le coût de l'énergie géothermique canadienne avec celui de l'énergie provenant de sources plus classiques. On s'attend, comme les résultats obtenus ailleurs le montrent, à ce qu'il soit équivalent à celui des centrales hydrauliques de moyenne importance et inférieur à celui de l'énergie fossile ou nucléaire. Sur le plan écologique, par contre, l'avantage irait à l'énergie géothermique. Les éléments de pollu-

Les sites géothermiques se signalent à l'attention par la fonte presque immédiate de la neige qui tombe en ces endroits. Meager Creek et l'un des hélicoptères d'exploration de B.C. Hydro.

tion les plus courants des centrales géothermiques sont l'hydrogène sulfuré et l'eau salée chaude que l'on peut éliminer à peu de frais et sans grande difficulté, le gaz étant "épuré" et l'eau chaude réinjectée dans le sol.

Boyd n'a pas pu me cacher le plaisir qu'il prend à se rendre avec sa famille dans les prairies alpines qui agrémentent la Singing Pass avoisinante. Il m'a également parlé du barrage hydroélectrique qu'il a aidé à construire avant de venir au mont Meager. "Il nous a fallu inonder 20 ha, mais", s'empresse-t-il d'ajouter, "je considère que pour obtenir 800 MW d'énergie, c'est un sacrifice écologique très acceptable. Je n'aime pas noyer de grandes étendues de terrain, et l'énergie nucléaire, comme les autres sources d'énergie, pose des problèmes. Personnellement je suis totalement acquis à l'énergie géothermique car il est vraiment difficile de lui trouver des désavantages." □

Texte français: Claude Devismes

Briefly . . .

ACFAS annual meeting

Canada's largest scientific association held its 50th annual meeting this year at Université du Québec in Montreal, on May 12 - 14, 1982.

Currently headed by Dr. Bernard Gingras, NRC's Vice-president for External Relations, ACFAS (Association canadienne-française pour l'avancement des sciences) plays a similar role in French Canada to the French (AFAS), British (BAAS), and American (AAAS) associations for the advancement of science.

An association with as yet no equivalent in English Canada (although some proposals are being discussed), ACFAS has, since its founding in 1923, played a key role in the scientific development of French Canada.

The main activity of ACFAS is its annual meeting, which alternates among Québec City, Montreal, Sherbrooke, and Ottawa, with occasional meetings in other cities. From modest beginnings in 1933, the meeting has become a cherished "family reunion" for a good proportion of Canada's French speaking scientists. This year's meeting offered some 2000 participants a choice of over 1000 papers in 41 sections covering disciplines as diverse as Spanish studies, biochemistry, and mathematics. Several general interest seminars were also held, the most important dealing with the financial crisis affecting universities and its effects on their research potential. Many affiliated learned societies hold their annual meetings concurrently with ACFAS.

ACFAS provides strong support to several scientific associations in Québec, such as Hebdo-Sciences (a source of science columns for Québec weeklies), the Conseil du développement du loisir scientifique (which fosters interest in amateur scientific activities), and the Quebec science writers' association.

What goes up

STOP ACID RAIN reads the bumper sticker. Few would disagree with this message. The difficulty arises when you try to divide up the responsibility for the problem. Because of political sensitivities and economic implications, identifying the sources of this pollution must be based on irrefutable data gathered by reliable analytical techniques in the field.

NRC's Environmental Secretariat intends to address the problem through a special "Acid Rain Symposium" to be held here in Ottawa August 30th to September 3rd, 1982, at the Lester B. Pearson Building at 125 Sussex Drive.

The Secretariat's Dr. Ron Pierce, organizer of the Symposium, wants to sit down with other participants and pull together existing scientific information on sampling and analysis. Says Pierce: "We have to know if we are looking at the right things. We need to assess our sampling and analytical techniques and decide how to integrate all the information into a practical monitoring and assessment system. There are numerous sampling networks across the country operated by federal, provincial, and private agencies. The incoming information must be accurate and representative before it can be integrated into an overall pattern."

Swedish and American guest speakers are also invited since "long-range transport and deposition of acidic materials," to use the scientific expression, knows no boundaries. The experience and techniques of these visitors will be invaluable to an understanding of the acidification process.

If the decision-makers are unsure of what to do, it is because the scientific evidence they base their assessments on is considered to be inconsistent. A comprehensive methodology would go a long way towards lifting the cloud of confusion that has settled over this issue.

FOR MORE INFORMATION, call Dr. Ron Pierce at (613) 996-6542.

E.W.R. Steacie Awards 1982-83

The Natural Sciences and Engineering Research Council's E.W.R. Steacie Memorial Fellowships, awarded annually to Canada's most prominent young university researchers, went to three scientists doing biological research and a mathematician in 1982-83. Created in memory of former NRC President, the late Dr. E.W.R. Steacie, the Fellowships pay the salaries of recipients for the next two years, freeing them from teaching duties to concentrate on research.

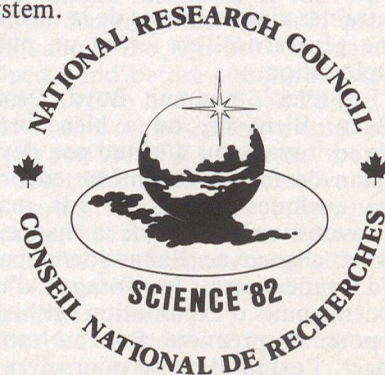
Dr. Michèle C. Heath of the University of Toronto is a botanist with a background in plant pathology whose

current work is focussed on the way rust fungus infects plants. Her research promises to clarify the nature of these host-parasite relationships, and, on a more practical level, to aid plant breeders in developing rust-resistant crops. Professor Heath is the first woman to receive a Steacie Fellowship.

Professor James G. Arthur of the University of Toronto is a mathematician whose work involves the representation of what are known as Lie groups. These groups, difficult to explain without mathematical jargon, are commonly used in modern physics. The behaviour of elementary particles, for example, can be explained in terms of what happens to certain Lie groups. One such group (called the Lorentz group) was used by Albert Einstein to describe the interaction of light, mass, and motion in his Special Theory of Relativity.

Dr. Kelvin K. Ogilvie of Montreal's McGill University is a chemist working in one of the life science's most exciting areas, the synthesis of the gene materials DNA and RNA. These two molecular species, responsible for carrying the genetic code and translating it into proteins, can now be synthesized automatically in what is known as the "gene machine," an instrument based on chemical techniques developed by Dr. Ogilvie. The McGill professor is now working with a class of nucleoside analogues (nucleosides are components of DNA and RNA) he recently discovered which interfere with the growth of viruses.

Dr. Stephen S. Tobe, a zoologist at the University of Toronto, is working with insect hormones, especially those involved with reproduction, moulting, and metamorphosis. Professor Tobe is interested in the way these regulatory chemicals are synthesized in insect glands, and how they are ultimately metabolized. In particular, he is studying the manner in which these glands are controlled by the central nervous system.



En bref . . .

Pluie acide

ARRÊTEZ LA PLUIE ACIDE peut-on lire sur l'autocollant. Tout le monde approuve mais les difficultés commencent lorsqu'on essaye d'établir les responsabilités. Car si l'on veut ménager les sensibilités politiques et déterminer les implications économiques il faut bien sûr identifier les sources de cette pollution en s'appuyant sur des données irréfutables.

Le Secrétariat de l'environnement du CNRC entend s'attaquer au problème au cours d'un "Colloque spécial sur la pluie acide" qui aura lieu du 30 août au 3 septembre 1982 à Ottawa.

Son organisateur, le Dr Ron Pierce, du secrétariat nous précise "nous voulons savoir si nous ne faisons pas fausse route. Il nous faut évaluer nos techniques d'échantillonnage et d'analyse et décider de la façon de fondre l'information accumulée en un système d'investigation et d'évaluation qui réponde à nos besoins.

Il existe, à travers le pays, un grand nombre de réseaux d'échantillonnage qui sont gérés par des organismes fédéraux, provinciaux et privés. Cette information doit être précise et représentative pour être utilisable dans le cadre d'un schéma global."

On a également invité des conférenciers suédois et américains étant donné que, pour reprendre l'expression scientifique, "le transport des substances acides et leur dépôt loin de leur lieu d'origine" ne connaît pas de frontières. L'expérience et les techniques de ces visiteurs nous aideront grandement à élucider le processus de l'acidification.

Si les législateurs ne savent pas quelles mesures prendre, c'est parce que les preuves scientifiques sur lesquelles ils doivent fonder leur jugement sont contradictoires. Une méthodologie exhaustive contribuerait dans une large mesure à dissiper la confusion qui entoure ce problème.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS, prière de contacter le Dr Ron Pierce au (613) 996-6542.

Cinquantième congrès de l'ACFAS

Principale association scientifique multidisciplinaire de langue française au Canada, l'Association canadienne-

française pour l'avancement des sciences (ACFAS) a célébré cette année la tenue de son 50^e congrès, qui se déroulait les 12, 13 et 14 mai à l'Université du Québec à Montréal.

Présidée cette année par le Dr Bernard Gingras, vice-président aux relations extérieures du CNRC, l'ACFAS joue au Canada français un rôle analogue à celui des associations française (AFAS), britannique (BAAS) et américaine (AAAS) pour l'avancement des sciences.

Organisme sans véritable équivalent au Canada anglais (même s'il y existe plusieurs projets de création d'une association similaire, l'ACFAS a joué un rôle très important dans le développement des sciences au Canada français depuis sa fondation en 1923.

La principale activité de l'ACFAS est son congrès annuel, qui se déroule en rotation à Montréal, Québec, Sherbrooke et Ottawa, et occasionnellement ailleurs, et constitue de véritables retrouvailles annuelles pour un grand nombre de scientifiques francophones du Canada. Fascinant "bazar à idées scientifiques", le congrès de l'ACFAS donne cette année l'occasion à près de 2000 congressistes de choisir parmi plus de 1000 communications réparties à l'intérieur de 41 sections aussi diverses que les études hispaniques, la biochimie ou les mathématiques. On y tient également des colloques à caractère plus général, le principal d'entre eux portant cette année sur la crise financière des universités et son effet sur la recherche. De nombreuses sociétés scientifiques affiliées à l'ACFAS profitent également de son congrès pour tenir leurs propres assises.

L'ACFAS apporte un soutien actif à plusieurs associations et organismes à caractère scientifique du Québec, tels que le Service Hebdo-Sciences, qui fournit des chroniques scientifiques aux hebdomadaires québécois, le Conseil de développement du loisir scientifique et l'Association des communicateurs scientifiques du Québec.

Le CRSNG décerne les Bourses Steacie 1982-83

Les Bourses commémoratives E.W.R. Steacie, décernées annuellement par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie à de jeunes chercheurs universitaires éminents, ont été attribuées cette année à quatre scientifiques. Créées pour honorer la

mémoire du Dr. E.W.R. Steacie, ancien président du CNRC, ces bourses qui couvriront le salaire des récipiendaires pendant les deux prochaines années leur permettront de se consacrer entièrement à la recherche. Il s'agit:

- du Dr Michèle C. Heath, botaniste de l'Université de Toronto, qui s'intéresse actuellement aux mécanismes intervenant dans l'infection des plantes par la rouille. Ses travaux de recherche promettent d'élucider l'interaction entre les parasites et leur hôte et d'aider les phytogénéticiens à mettre au point des cultures résistant à ce champignon. Le professeur Heath est la première femme titulaire d'une Bourse Steacie.

- du professeur James G. Arthur, mathématicien de l'Université de Toronto, qui étudie la représentation de ce que l'on appelle les groupes de Lie, qui permettent, par exemple, d'expliquer le comportement des particules élémentaires en physique. L'un d'entre eux, appelé le groupe de Lorentz, a été utilisé par Albert Einstein pour expliquer la relation existant entre la lumière, la masse et le mouvement et qui est à la base de sa théorie de la relativité spécifique.

- du Dr Kelvin K. Ogilvie, chimiste de l'Université McGill à Montréal, qui s'intéresse à la synthèse de l'ADN et de l'ARN. Ces molécules, qui assurent l'expression du code génétique et sa transcription en protéines, peuvent maintenant être synthétisées automatiquement dans une "machine à gènes" conçue à partir des procédés chimiques qu'il a mis au point. Le Dr Ogilvie s'intéresse également à une catégorie d'analogues de nucléosides qu'il a récemment mis en évidence et qui entravent le développement des virus.

- du Dr Stephen S. Tobe, zoologiste de l'Université de Toronto, qui étudie les hormones d'insectes et notamment celles qui interviennent dans la reproduction, la mue et la métamorphose. Il s'intéresse à la synthèse de ces substances et à leur métabolisme et il étudie en particulier comment le système nerveux central régularise l'activité des glandes qui les sécrètent.

Deriving profit from pollutants In pursuit of pentoses

Daily, thousands of tonnes of a foul-smelling, dark brown liquid are poured into fresh waters by Canadian pulp and paper mills. This odorous brew, called spent sulphite liquor (SSL), is a by-product of the pulping process, generated at a rate of 4.8 t for every tonne of pulp produced. It is disposed of because there is as yet no cost-efficient technique to exploit the potential value of this unwanted effluent.

Thanks to research done recently at NRC's Division of Biological Sciences, the problem may soon be alleviated. A group headed by biochemist Dr. Henry Schneider has found a way to convert certain of the organic wastes in the liquors into a valuable product; as well, his discovery could have wide application in the disposal of numerous other biomass wastes, particularly agricultural and forestry residues. Schneider's research involves the growth conditions of yeasts and their ability to ferment sugars into alcohol. What he has done, in effect, is broaden their diet, previously restricted to so-called six-carbon sugars (like glucose), to include five-carbon sugars (like xylose) that are not normally touched by yeasts.

Since the 1880's, it has been known that yeasts are capable of converting some of the sugars present in pulping liquors to ethanol. Ethanol in turn can be used to produce, among other things, potable spirits, thinners, solvents, and varnishes, and recently ethanol has been suggested as a possible gasoline extender. In Europe and North America, facilities that process pulping effluent to produce ethanol have been built to carry out the fermentation of sugars to alcohol, but only under anaerobic (oxygen-free) conditions and only the hexoses, or six-carbon sugars, can be fermented. Unfortunately, the pentoses, or five-carbon sugars such as the above-mentioned xylose, are ignored by the yeasts and pass through the system unaltered; in the case of pulping effluent this is a hefty loss, averaging 35 per cent of the total sugars present. With Schneider's discovery, the economic returns from the use of pulping effluent in the production of a valuable product have improved.

"The problem with biomass conversion has always been that yeasts ferment hexoses but not pentoses," explains Schneider. "With the increase in ethanol production due to pentose fermentation and with the increasing value of ethanol, especially as a gasoline ex-

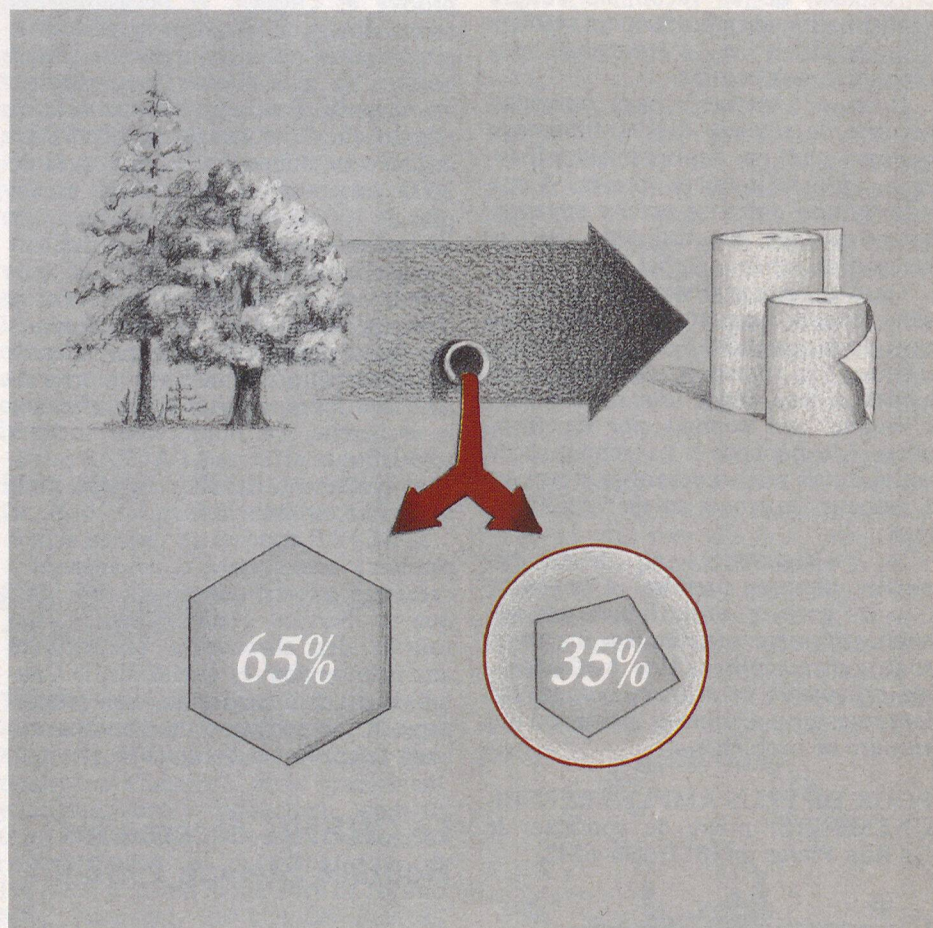
tender, in certain cases it becomes not only feasible financially but actually quite lucrative to set up treatment facilities for pulping effluent." Apparently industry agrees with him. Since his first paper on the subject was published in February 1981, Canadian industry has practically been camping on his doorstep. The NRC scientist now has a thick file of enquiries from around the world.

Dr. Schneider had been accumulating a solid data base on yeast fermentation for almost three years when a Japanese paper, in February 1980, indicated a new direction. At the time, existing practice employed anaerobic conditions, which resulted in the fermentation of only the hexoses. The Japanese, however, discovered that a certain yeast could produce much more alcohol under aerobic than anaerobic conditions from hexoses. Intrigued by

this, Schneider and his team immediately began to test many yeasts under varying aerobic conditions, looking for a yeast that could ferment the biomass pentose. "By December 1980, we had isolated our quarry, *Pachysolen tannophilus*," enthuses Dr. Schneider, "a yeast that ferments xylose with a vengeance."

Having found *P. tannophilus*, Schneider's next step is to finely tune the growth conditions of the yeast to attain a fermentation efficiency as close as possible to theoretical maximum. At what temperature, at what oxygen level, and under what other conditions will *P. tannophilus* ferment all available xylose as rapidly as possible? The answers to these questions provide the directions for further research.

The NRC research team is also broadening the scope of its work to in-



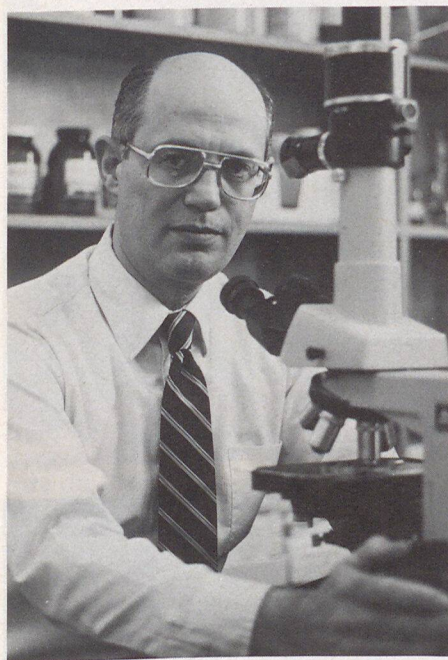
In the process of turning trees into paper, an effluent is produced that has a high sugar content. Of this sugar, 65 per cent is hexoses and 35 per cent is pentoses. Dr. Schneider has made it possible for the yeast to ferment all of this sugar rather than just the hexoses.

La fabrication de la pâte à papier s'accompagne de la production de liqueurs résiduelles très riches en sucres. Or, le Dr Schneider a obtenu une levure capable de fermenter non seulement les hexoses mais également les pentoses qui les composent et dont les proportions sont respectivement de 65 et 35%.

Des polluants mis à profit

À l'assaut des pentoses

Chaque jour, des milliers de tonnes de liquide brun foncé d'odeur nauséabonde sont déversées dans les cours d'eau par les papeteries canadiennes. Ce mélange fétide, composé de liqueurs résiduaux usées ou boue de sulfite, est un sous-produit de cette industrie; sa production est de 4,8 t pour chaque tonne de pâte à papier obtenue. Il est rejeté car l'exploitation de sa valeur potentielle n'est pas encore réalisable, faute de techniques rentables.



(Dan Geitz)

«Si nous ne pouvons pas trouver de levure déjà bien adaptée aux conditions industrielles existantes, nous en fabriquerons une», déclare le Dr Henry Schneider.

Dr. Henry Schneider: «If we can't find a yeast that is already well suited to existing industrial conditions, then we will make one that is.»

Cependant, les travaux de recherche récemment effectués à la Division des sciences biologiques du CNRC pourraient apporter une solution à ce problème. En effet, un groupe de chercheurs dirigé par le Dr Henry Schneider a mis au point un procédé qui laisse entrevoir des possibilités intéressantes sur le plan de l'élimination des déchets agricoles et forestiers. Il s'agit d'un moyen de transformer une partie des déchets organiques contenus dans les liqueurs résiduaux en un produit utilisable. Les travaux du Dr Schneider portent sur les conditions de culture des levures et sur leurs propriétés fermentatives qui assurent la transformation des sucres en alcool. En fait, ses travaux lui ont permis d'obtenir des

levures capables d'assimiler les sucres à cinq carbones (comme le xylose) en plus des sucres à six carbones (comme le glucose) qui constituaient auparavant leur unique source nutritive.

Depuis les années 1880, on sait que les levures sont capables de transformer en éthanol quelques-uns des sucres présents dans les liqueurs résiduaux de papeteries. L'éthanol, à son tour, peut servir à la préparation de spiritueux, de diluants, de solvants, et de vernis et, récemment, on a proposé de l'ajouter à l'essence. En Europe et en Amérique du Nord, il existe déjà des installations de traitement des liqueurs résiduaux de papeteries pour la production d'éthanol, mais la fermentation alcoolique ne peut y être réalisée que dans un environnement anaérobie (sans oxygène) et uniquement pour les sucres à six carbones, ou hexoses. Les pentoses, ou sucres à cinq carbones, comme le xylose, ne sont malheureusement pas digérés par les levures et ils demeurent donc intacts; en ce qui concerne les liqueurs résiduaux de papeterie, ceci constitue une perte considérable car le xylose représente près de 35% de leur teneur en sucres. La découverte du Dr Schneider permet cependant d'entrevoir un accroissement de la rentabilité de l'exploitation des effluents de papeterie.

«La transformation de la biomasse a toujours été limitée du fait que les levures n'étaient capables de fermenter que les hexoses», explique le Dr Schneider. «Toutefois, l'augmentation de la production d'éthanol à l'aide de la fermentation du pentose et l'accroissement de la valeur de cet alcool, notamment par son utilisation comme additif dans l'essence, rendent la construction d'installations de traitement des liqueurs résiduaux non seulement financièrement réalisable, mais également très lucrative.» L'industrie semble être tout à fait de son avis. Depuis le mois de février 1981, date de parution de sa première publication sur le sujet, l'industrie canadienne attend pratiquement à sa porte et il a reçu un nombre considérable de demandes de renseignements du monde entier.

Après avoir travaillé pendant près de trois ans à compiler une base solide de données sur la fermentation par des levures, le Dr Schneider fut incité à adopter une nouvelle orientation en lisant une publication japonaise. C'était au mois de février 1980 et, à ce moment-là, il était courant de réaliser la fermentation dans des conditions anaérobies qui n'aboutissaient qu'à la

transformation exclusive des hexoses. Or, les Japonais avaient découvert un certain type de levures capables de fermenter ces sucres dans des conditions aérobies avec bien plus d'efficacité que dans des conditions anaérobies. Intrigués par ces résultats, le Dr Schneider et son équipe essayèrent immédiatement de cultiver des levures dans une variété de conditions aérobies avec l'espoir de mettre en évidence une levure capable de fermenter le pentose contenu dans la biomasse. «Vers le mois de décembre 1980, l'organisme recherché avait été isolé», reprend le Dr Schneider avec enthousiasme. «Il s'agit de *Pachysolen tannophilus*: une levure qui fermente le xylose avec une ardeur prodigieuse.»

Ceci fait, il ne reste plus au Dr Schneider qu'à modifier délicatement les conditions de culture de cet organisme afin d'optimiser son aptitude fermentative. Mais, quelle température, quel taux d'oxygène et quelles autres conditions *P. tannophilus* nécessite-t-il pour fermenter tout le xylose présent le plus rapidement possible? Ces questions ouvriront la voie à de nouveaux travaux de recherche et avec le temps on pourra y répondre.

Les chercheurs du CNRC étendent maintenant leurs investigations à d'autres levures. Si certains de ces organismes sont capables de fermenter le pentose, présentent-ils, d'autres pourraient peut-être en faire autant et avec plus d'efficacité. «En fait, les levures capables de fermenter le pentose se sont avérées très courantes lorsque nous avons appris à les reconnaître», fait remarquer le Dr Schneider. Cependant, on recherche des levures capables de se développer dans des conditions déjà rencontrées dans l'industrie car leur utilisation ne demanderait pas l'adaptation de l'équipement existant aux conditions de culture d'un nouvel organisme comme *P. tannophilus* et ceci se traduirait par une économie de temps et d'argent. «Mais, si nous ne parvenons pas à trouver la levure présentant les propriétés recherchées», déclare le Dr Schneider avec confiance, «nous la fabriquerons.»

La levure de bière (*Saccharomyces cerevisiae*) est bien connue dans l'industrie; elle joue un rôle important dans un grand nombre de processus comme, par exemple, la panification et la vinification. Par ailleurs, comme on dispose déjà des techniques et de l'équipement nécessaires à l'exploitation optimale de ses propriétés fermentatives, c'est à cet organisme que le

clude other yeasts. If one yeast can ferment a pentose, perhaps other yeasts not only have the same ability but are more efficient at the job. "Actually, pentose-fermenting yeasts turned out to be quite common once we knew what we were looking for," notes Schneider. Finding a yeast that can function under conditions that are already used in industry would make it unnecessary to spend time and money adapting existing equipment to the conditions required for the efficient use of *P. tannophilus*. The search continues, then, for a yeast that is already well suited to existing industrial conditions. "If we can't find one, we'll make one," states Schneider confidently.

Brewer's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) is well known in industry, playing a part in many processes such as bread and wine making. As the technology and equipment already exist to make optimum use of the fermentation properties of brewer's yeast, Dr. Schneider and his colleagues are working with it first. In the attempt to coax this yeast species to ferment pentoses, the team has excised the genetic sequence from the DNA of *Escherichia coli* (a bacterium) that allows it to ferment pentoses and is in the process of inserting it into the DNA of brewer's yeast. *Escherichia coli* was used be-

result should be brewer's yeast with the capacity to ferment pentoses.

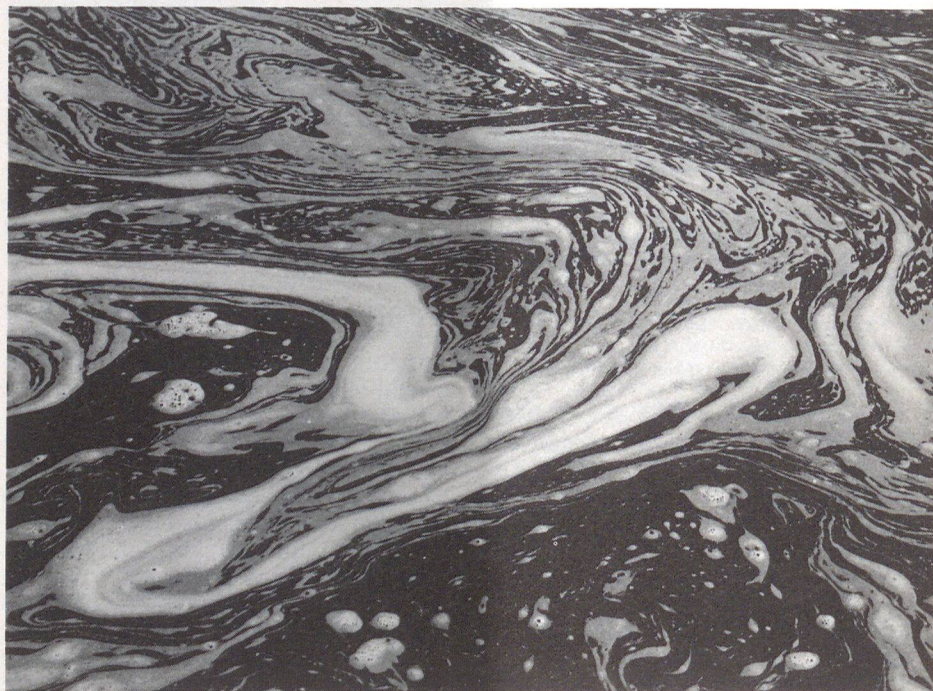
Although Dr. Schneider makes all this sound like a kindergarten exercise in cutting and pasting, this "exercise" could take from six months to three years, depending on the difficulty in locating and extracting the correct gene sequence.

Meanwhile, industry is anxious for applicable results. At present, there are 14 sulphite mills in Canada considered large enough to produce ethanol economically. The smallest of these mills produces about 870 t and the largest mill about 3 270 t of spent sulphite liquor per day. Small wonder that camping on the doorstep is no longer sufficient. Industry has decided to move in. In December 1981, two researchers from Tembec Ltd., Temiscaming, began working in Dr. Schneider's laboratory. (CIP, Hawkesbury, has set up a laboratory to do research in the same area.) The two companies have received contracts from NRC's Program for Industry/Laboratory Projects (PILP), a program designed to bring discoveries made within NRC to industry where they can be applied commercially.

In the future it won't just be pulp and paper mills involved in this area of research. The principle of biomass conversion to ethanol by yeast has wide



cause its genetic structure is so well mapped already and locating a segment bearing the correct genetic sequence was not difficult. Because *E. coli* is a bacterium, though, Schneider is not confident that the yeast will be able to make use of the new genes in its DNA. In that case, he plans to excise the correct gene sequence from a yeast like *P. tannophilus* and incorporate it into the genetic structure of brewer's yeast. The



application in other areas of waste disposal. Canertech Inc. will be extracting ethanol from wood cellulose. Agricultural residues are very high in sugar content, and the increased amounts of ethanol possible by tapping the pentose content are considerable.

By dry weight, corn stover (everything but the cob) is 29 per cent xylose; wheat straw is 31 per cent xylose; poplar trees are 20 per cent xylose. Even *The Wall Street Journal* is 5.4 per cent xylose. □

Margaret Shibley Simmons

Dr Schneider et ses collègues s'intéressent en premier lieu. Ainsi, pour donner à la levure de bière la capacité de fermenter les pentoses, ils ont prélevé le segment d'ADN qui code pour cette fonction chez la bactérie *Escherichia coli* et ils s'apprêtent à l'insérer dans son ADN. La bactérie *Escherichia coli* est utilisée pour ces travaux car son patrimoine génétique est si bien déterminé que la localisation d'un gène particulier ne présente aucune difficulté. Mais, le Dr Schneider n'est pas certain que ce segment d'ADN provenant d'une bactérie sera accepté par la levure. Il se propose donc, comme seconde possibilité, d'exciser les gènes recherchés de l'ADN d'une levure, comme *P. tannophilus*, et de les incorporer dans le matériel génétique de la levure de bière. Ceci devrait lui permettre d'obtenir une levure de bière possédant la capacité de fermenter les pentoses.

Bien qu'à entendre le Dr Schneider ce projet semble être un exercice élémentaire de découpage et de collage, sa réalisation pourrait prendre de six mois à trois ans selon la difficulté que présenteront la localisation et l'extraction de la séquence de gènes recherchée.

Entre temps, l'industrie attend avec impatience les résultats de ces travaux pour les mettre en application. Il existe actuellement au Canada 14 papeteries qui ont atteint une taille suffisante pour être en mesure de produire de l'éthanol de façon rentable. Leur production quotidienne de boue de sulfite s'échelonne entre 870 t et 3 270 t. Il n'est donc pas surprenant que l'industrie n'ait pu attendre davantage et qu'elle ait décidé de mettre la main à la pâte. En effet, au mois de décembre 1981, deux chercheurs de la compagnie Tembec Ins., à Témiscamingue, ont commencé à travailler au laboratoire du Dr Schneider. (La compagnie CIP, à Hawkesbury, a également mis sur pied un laboratoire pour effectuer de la recherche dans le même domaine.) Ces deux compagnies ont reçu des contrats au titre du Programme des projets "Industrie-Laboratoires" (PPIL) du CNRC qui a pour objectif de favoriser l'exploitation industrielle des découvertes faites au sein de cet organisme.

Les recherches futures dans ce domaine ne se limiteront pas à l'exploitation des liqueurs résiduelles de papeterie. Le principe de la fermentation alcoolique de la biomasse au moyen de levures laisse entrevoir une variété d'applications sur le plan de l'élimination des déchets. La compagnie Canertech Inc., par exemple, s'intéresse à la transformation de la cellulose du bois en éthanol. Les déchets agricoles sont également très riches en sucres; par poids sec, les peupliers, les résidus du maïs et la paille contiennent respectivement 20, 29 et 31 % de xylose. Le *Wall Street Journal* a lui-même une teneur en xylose de 5,4 %. La fermentation alcoolique de ces résidus s'avère donc très intéressante, et maintenant que l'on est parvenu à fermenter les pentoses, la rentabilité du processus est considérablement améliorée. □

Texte français: Annie Hlavats

CUT - DÉCOUPEZ

1982/3	
ADDRESS CHANGE	CHANGEMENT D'ADRESSE
☐ Name - address printed wrongly - corrected below	☐ Nom - adresse comportant une erreur - correction ci-dessous
☐ Mailing label is a duplicate - please delete from list	☐ L'adresse est un duplicata - Rayez-la de la liste
☐ Please continue my mailing and add new person listed below	☐ Gardez mon nom sur votre liste d'envoi et ajoutez-y celui du nouvel abonné ci-dessous
☐ Name below should replace that shown on label	☐ Remplacez le nom figurant dans l'adresse par celui indiqué ci-dessous
Discontinue sending: ☐ all publications ☐ this publication ☐ Ne plus envoyer vos publications ☐ cette publication	
NAME - NOM	
TITLE - TITRE	
ORGANIZATION - ORGANISME	
STREET - RUE	
CITY - VILLE	
PROVINCE	COUNTRY - PAYS
POSTAL CODE	POSTAL

Business Reply Mail Correspondance - réponse d'affaires
No postage necessary in Canada Se poste sans timbre au Canada



National Research Council Canada
Conseil national de recherches Canada

OTTAWA
CANADA
K1A 0R6

FASTEN HERE - SCOLLER ICI

IS YOUR ADDRESS LABEL CORRECT?

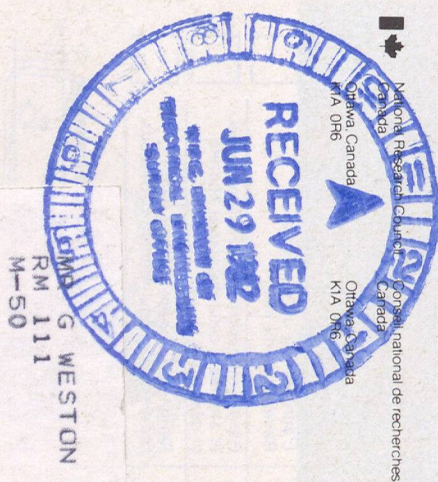
Please make any needed corrections on form overleaf, clip along the dotted line, fold, fasten and return to us.

If you prefer to use a separate sheet, please ensure that all the information on the label below is included to permit us to retrieve your address record from the computer.

VOS NOM ET ADRESSE COMPORTENT-ILS UNE ERREUR?

Veuillez procéder aux corrections éventuelles sur le formulaire se trouvant au verso, le découper en suivant le pointillé, le plier, le sceller et nous l'envoyer.

Si vous préférez utiliser une feuille séparée, assurez-vous de n'omettre aucun des renseignements figurant dans le bloc-adresse ci-dessous pour que nous puissions extraire de l'ordinateur les données relatives à votre adresse.



RM 111
M-50

E 01 PIB-014749

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

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

La revue Science Dimension 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, Science Dimension, CNRC, Ottawa, Ontario, K1A 0R6, Canada. Téléphone: (613) 993-3041.

CUT - DÉCOUPEZ

Canada