

8881183

Volume 17, numéro 10

JUIN 1979

\$1.75

QUÉBEC SCIENCE

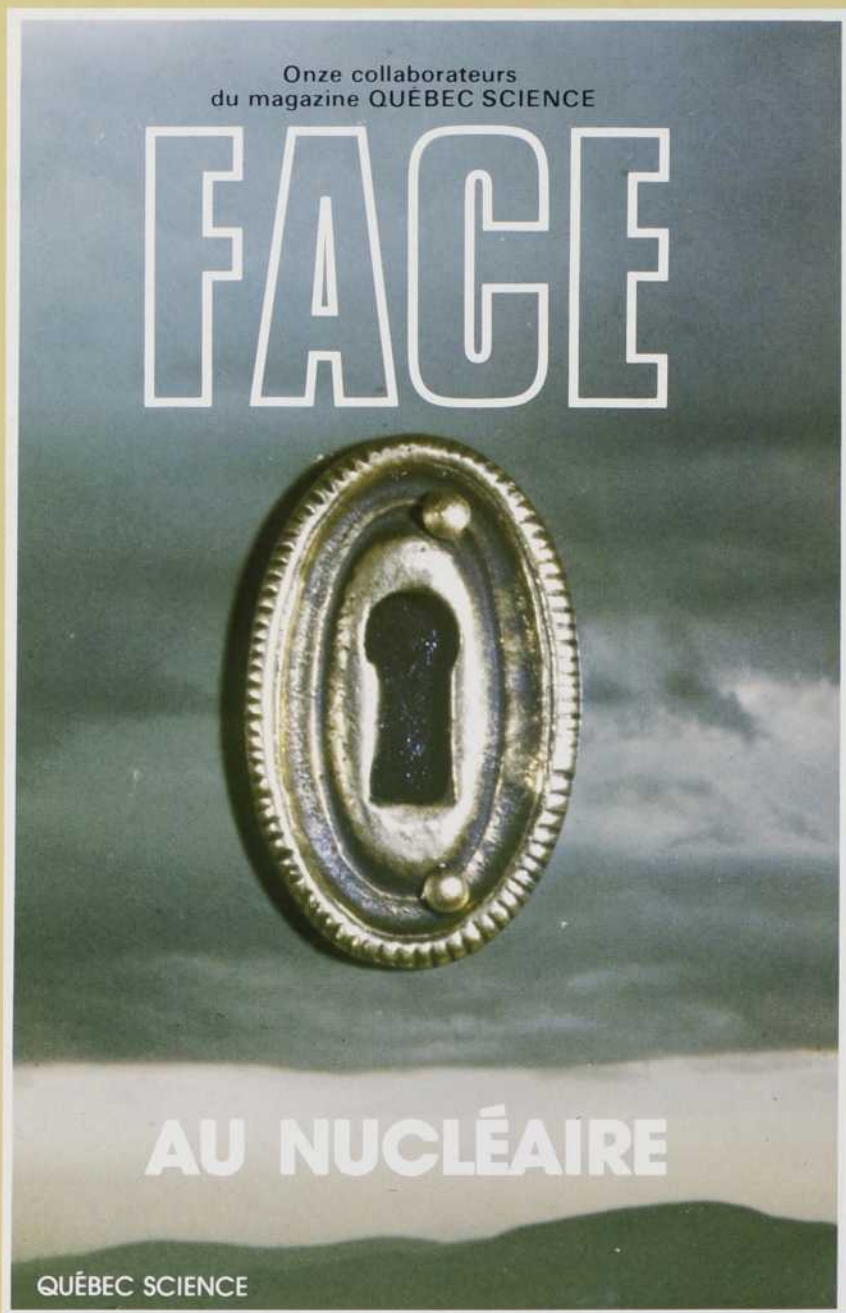
ER
-69

13

**l'utopie
bionique**

**LE DRAP QUI RÉSISTE À LA SCIENCE • À LA RECHERCHE D'UN SCÉNARIO
LA VRAIE NATURE DE LA FUSION**

HARRISBURG,
 28 mars 1979, 4 heures du matin:
 la défaillance d'une petite pompe à eau
 plonge l'Amérique dans la pire crise
 de l'histoire de l'industrie nucléaire commerciale.
 Pour évaluer
 tous les tenants et les aboutissants de cette crise,
 un livre: Face au nucléaire,
 publié par le magazine Québec Science.



**Vous pouvez vous procurer ce volume chez votre libraire
 ou en nous retournant le coupon ci-dessous.**

BON DE COMMANDE

Veuillez me faire parvenir le livre Face au nucléaire,
 au prix de \$9.50

Nom

Adresse

Code postal

Vous trouverez ci-joint un chèque ou un mandat postal au montant de \$9.50

LES DOSSIERS DE QUÉBEC SCIENCE, C.P. 250, Sillery, Québec, G1T 2R1

Le magazine *Québec Science*, mensuel à but non lucratif, est publié par Les Presses de l'Université du Québec avec le soutien du ministère de l'Éducation du Québec et du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie Canada. La direction laisse aux auteurs l'entière responsabilité de leurs textes. Les titres, sous-titres, textes de présentation et rubriques sont dus à la rédaction. ISSN-0021-6127. Dépôt légal, Bibliothèque nationale du Québec, deuxième trimestre 1979. Répertoire dans PÉRIODEX et RADAR.

Courrier de deuxième classe, enregistrement no 1052. Port de retour garanti: LE MAGAZINE QUÉBEC SCIENCE, C.P. 250, Sillery, Québec G1T 2R1.

© Copyright 1979 — le magazine *Québec Science* — Université du Québec. Tous droits réservés pour tous pays. Sauf pour les citations dans une critique, il est interdit, sans la permission écrite de l'éditeur, le magazine *Québec Science*, de reproduire ou d'utiliser ce mensuel, ou une partie de ce mensuel, sous quelque forme que ce soit, par des moyens mécaniques, électroniques ou autres, connus présentement ou qui seraient inventés à l'avenir, y compris la xérogaphie, la photocopie et l'enregistrement, de même que les systèmes d'informatique.



COMITÉ DE SOUTIEN

Bell Canada
M. Claude St-Onge
vice-président

Banque de Montréal
Jean Savard
vice-président — Division du Québec

Imasco Limitée
Les produits
Imperial Tobacco Limitée

Institut de recherche
de l'Hydro-Québec
M. Lionel Boulet
directeur

La Sauvegarde
Cie d'assurance sur la vie
M. Clément Gauthier
président

Jean-Marc Gagnon
directeur

Jean-Pierre Rogel
rédacteur en chef

Diane Dontigny
adjoindue à la rédaction

Jean-Pierre Langlois
directeur de la production

Raymond Robitaille
composition typographique

Andrée-Lise Langlois
maquettiste

Patricia Larouche
administration
et secrétariat

Marie Prince
promotion et publicité

Nicole Bédard
Claire D'Anjou
diffusion

Distribution postale
Paul A. Joncas

Photogravure et impression
L'Éclaireur Itée

Distribution en kiosques
Les Messageries Dynamiques

Abonnements
(1 an / 12 numéros)
Régulier: \$17.00
Groupe (10 et plus): \$15.00
À l'étranger: \$21.00
À l'unité: \$1.75

Port de retour garanti
Le magazine QUÉBEC SCIENCE
Case postale 250
Sillery, Québec
G1T 2R1
Tél.: (418) 657-2426
Télex: 051 3488
TWX: 610-571-5667

Les chèques ou mandats postaux
doivent être établis à l'ordre du
MAGAZINE QUÉBEC SCIENCE

Sommaire

4
Courrier

5
Technologie
Pomper la chaleur
du Québec

6
Médecine du travail
Des vibrations
qui font des ravages

Arctique
La menace de l'or noir

7
Écologie
Sociologues et
mouches tsé-tsé

9
Foresterie
Le B.t. contre la spongieuse

10
Médecine nucléaire
Comme un cheval blanc

43
Astronomie
Rencontre avec un géant

44
Physique
Un point de plus
pour Einstein

Éducation
Une géographie
en mouvement

46
Ces chers ancêtres

48
Parutions récentes

49
En vrac

12

L'utopie bionique
André Lemelin

La micro-électronique
lorgne du côté de la biologie,
mais l'homme de six millions
n'est pas pour demain

20



Le drap qui résiste
à la science
Luc Chartrand

Scruté à la loupe,
le Saint-Suaire garde encore
son secret

25

Livre vert
À la recherche
d'un scénario
Jean-Marc Fleury

Les acteurs de la recherche
scientifique sont en place.
Reste à venir: le scénario

34

La vraie nature de la fusion
Pierre Sormany

Énergie de l'avenir,
la fusion est-elle
aussi propre et aussi sûre
qu'on le dit?

COURRIER...

UNE ARMURE CONTRE LES MOUSTIQUES

Dans votre livraison de mars 1979, un lecteur de la Côte-Nord nous fait part de ses observations quant aux mouches noires et leurs «habitudes de vie», si je peux dire. Autant ces observations que votre réponse m'ont fort intéressé. Je suis moi-même un adepte de la marche et j'ai satisfait ce plaisir à de multiples reprises dans le Nord du Québec et l'Extrême-Nord du Québec (Ungava) alors que j'y travaillais.

Je me suis toujours demandé pourquoi ces «maudites bibites» dépensent tant d'énergie à nous poursuivre et pourquoi elles mettaient tant de constance dans leurs attaques. Peut-être est-ce qu'elles savent leur vie très courte (une vague de froid peut les anéantir en plein mois de juillet)? Peut-être aussi est-ce parce que la saison de chasse est très courte (en tout cas dans la Baie d'Ungava, leur saison de chasse est relativement courte: deux à trois semaines de l'avant-dernière semaine de juillet à la première semaine d'août; parfois plus tôt et ça peut durer plus longtemps)? Et quelle férocité! Et il n'y a pas que les mouches noires, il y a les maringouins. À ces latitudes, ils sont monstrueux.

Mais j'en viens au but même de cette lettre. Comme de multiples autres individus qui travaillent au Nord. Je cherche encore le meilleur moyen de me «garantir» des attaques féroces de ces bibites. Bien sûr, il existe une multitude de produits insecticides mais ils sont tous plus ou moins efficaces, sans compter qu'ils sont tous plus ou moins gras et qu'ils dégagent tous une odeur de parfum qui est fort déplacée dans l'air sain du Grand-Nord. J'ai toutefois entendu parler à plusieurs reprises des effets de la vitamine B absorbée par l'organisme sur les mouches noires, maringouins et autres espèces volantes du même acabit. Est-ce que vraiment, le fait d'absorber de la vitamine B peut chasser ces insectes? Si oui, à quelle dose doit-on porter le «remède»? Finalement y a-t-il quelque danger pour l'organisme?

**Daniel Beauvais
Sherbrooke**

En effet, il a été prouvé que le groupe des vitamines B peut être un moyen d'éloigner les moustiques. Comme pour tous les autres produits vendus sous forme d'aérosol ou de crème, c'est l'odeur dégagée par la personne qui a absorbé de cette vitamine qui tient les attaques de ces «bibites» en échec. Il faut toutefois en absorber en plus grande quantité que ce

que l'on trouve normalement dans notre nourriture. On consomme alors cette vitamine sous forme de pilules que l'on peut se procurer dans les pharmacies.

Cela ne représente aucun danger pour l'organisme. Les vitamines du complexe B étant hydrosolubles, elles sont éliminées de l'organisme par l'urine et, en partie, par la sueur. C'est cette partie éliminée par la sueur qui dégage une odeur très forte qui éloigne les moustiques.

LE GRAND PRIX POUR QUÉBEC SCIENCE

La moisson 1978 des prix a été excellente pour *Québec Science*: un grand prix général des magazines canadiens et deux prix de journalisme, parmi les 17 catégories et sur un total de 1 350 participants.



Le grand prix des directeurs de la Fondation nationale des grands prix a en effet été attribué à *Québec Science*, pour sa qualité exceptionnelle générale. Ce prix a aussi été attribué à *Maclean's* et à *Owl*, un magazine pour enfants.

Par ailleurs, Michel Gauquelin, collaborateur de *Québec Science* depuis dix ans, a reçu le premier prix de la catégorie «Science et technologie» pour son reportage intitulé *La Baie James, pour le meilleur et pour le pire* et paru dans nos numéros de septembre et d'octobre 1978. Danielle Ouellet a vu couronner son deuxième essai dans *Québec Science* en recevant le deuxième prix de la catégorie «Articles d'intérêt général» pour son article *Du béton sur les battures* paru dans notre édition d'octobre 1978. Trois autres auteurs de *Québec Science* ont reçu des mentions d'honneur: Luc Chartrand, pour *Le mal d'être gros* (QS-16-09), Jean-Pierre Drapeau, pour *Les insecticides, des armes à double tranchant* (QS-16-09) et Nicole M. Gratton, pour *Contraception: aux grands maux les grands remèdes* (QS-16-09).

SEXE À VOLONTÉ

Le texte encadré page 38 dans le numéro de janvier dernier, sous le titre «Sexe à volonté» affirme qu'on ne peut agir sur la détermination du sexe avant la naissance et ainsi avoir des garçons ou des filles à volonté.

Pourtant j'ai entendu parler d'une méthode qui serait scientifique. Elle serait basée sur les dates des rapports sexuels et les différences dans l'acidité du milieu vaginal. L'acidification des sécrétions vaginales étant supposément défavorable aux spermatozoïdes porteurs d'un chromosome Y, on conseille d'avoir des rapports sexuels au moment où les sécrétions vaginales sont les plus acides, soit deux à cinq jours avant l'ovulation, si on veut une fille, et au contraire après l'ovulation si on veut un garçon. Une étude scientifique aurait même vérifié que ceci permettrait d'obtenir l'un ou l'autre sexe à volonté, à 85 pour cent. Avez-vous des précisions et qu'en pensez-vous?

**G. Tremblay
Montréal**

La méthode à laquelle vous faites référence est sans nul doute celle exposée à l'origine par L.B. Shettles, dans une communication publiée dans l'International Journal of Gynecology and Obstetrics (Vol. 8, n° 5, 1970).

*C'est d'ailleurs le Dr Shettles qui prétend que cette méthode permet d'obtenir le sexe désiré dans 85 pour cent des cas. Toutefois cette étude a été mise en doute à maintes reprises: elle apparaît comme nullement fiable et ses résultats ne sont pas statistiquement significatifs. Aucune confirmation sérieuse de la méthode n'a par ailleurs pu être établie. Mais surtout, plusieurs gynécologues soulignent qu'elle présente certains risques pour l'embryon, car le décalage, jusqu'à cinq jours, du coït de l'ovulation entraîne le danger de fécondations retardées, dans lesquelles «le vieillissement de l'un ou l'autre des gamètes dans les voies génitales de la femme est préjudiciable à la qualité du produit de la fécondation» (Dr Odette Thibault, dans *Le Fait féminin*, p. 75). Ce danger des fécondations retardées est amplement démontré et explique la raison pour laquelle la méthode que vous évoquez est très critiquée et n'est actuellement pas conseillée par les médecins, même si elle connaît encore — malheureusement, pourrait-on dire — une certaine faveur dans le public.*

...COURRIER

TECHNOLOGIE

POMPER LA CHALEUR DU QUÉBEC



Dans le cadre de recherches sur une meilleure gestion de l'énergie, l'Institut de recherche de l'Hydro-Québec (IREQ) à Varennes se penche plus particulièrement sur l'étude de projets de chauffage de locaux au moyen de pompes à chaleur tirant leur chaleur de l'eau de nappes souterraines.

Il ne s'agit pas vraiment d'une nouveauté: Lord Kelvin, le physicien anglais qui a donné son nom à une échelle théorique des températures, y pensait déjà en 1852 lorsqu'il a découvert le refroidissement provoqué par la détente d'un gaz dans le vide.

La thermopompe sert à transporter la chaleur d'un endroit où la température est basse, mais où on peut puiser une grande quantité de chaleur, vers un endroit où la température est plus élevée, mais que l'on désire chauffer davantage. Elle fonctionne ainsi à l'inverse d'un climatiseur; il existe d'ailleurs des appareils utilisables des deux façons grâce à un système de valves.

Un fluide frigorifique, habituellement du fréon, passe à basse température dans un échangeur de chaleur. Mis en contact avec de l'air ou un liquide frais et cependant à une température plus élevée que lui, il s'évapore en absorbant cette chaleur extérieure. La vapeur obtenue est comprimée

par un compresseur et sa température s'élève. Elle passe alors dans un autre échangeur de chaleur: le fréon communique ainsi sa chaleur à l'air d'une pièce ou à l'eau du système de chauffage. Par la même occasion, ses vapeurs se condensent et il se refroidit en traversant un dispositif d'expansion comme celui mis au point par Lord Kelvin il y a plus d'un siècle. Ensuite, le cycle recommence.

Les sources froides utilisables par une thermopompe peuvent être très variées: l'air d'une pièce froide, l'eau d'une rivière, d'un lac, de la mer, d'une nappe souterraine... Des thermopompes fonctionnent actuellement dans un certain nombre de pays, en particulier en Suisse et dans le sud des États-Unis. Cependant, la plupart d'entre elles n'ont pas été conçues dans un but d'économie d'énergie. Si elles permettent de diminuer la consommation d'huile à chauffage pendant qu'on les utilise, elles demandent beaucoup d'énergie électrique pour créer l'énergie mécanique nécessaire au compresseur, au dispositif d'expansion et à la pompe elle-même. De plus, ce besoin d'énergie mécanique est proportionnel à l'importance de la transformation de chaleur demandée. Donc, la consommation d'électricité est d'autant

plus importante que la zone d'utilisation de la thermopompe est froide. Il y a une grosse différence entre chauffer une maison de Floride et chauffer une maison du Québec, une maison bien isolée et une autre mal isolée. Pour l'instant, les thermopompes existant sur le marché ne sont pas adaptées à notre climat et leur emploi coûte cher. Autant de problèmes auxquels doivent faire face les chercheurs de l'IREQ.

M. John Bowles, ingénieur à l'IREQ, chauffe sa maison depuis deux ans avec une thermopompe; elle semble être efficace puisque le système de chauffage original n'a pas eu à fonctionner au cours des deux derniers hivers. Cette pompe à chaleur utilise comme source de l'eau de 6 à 10°C provenant d'un puits. Dans les meilleures conditions, pour obtenir une certaine quantité d'énergie thermique, la thermopompe consommera trois fois moins d'énergie électrique qu'un système de chauffage traditionnel alimenté uniquement à l'électricité. On dit alors que son coefficient de performance est 3. Une fois utilisée, et donc refroidie, l'eau est renvoyée dans le sol via un bassin d'infil-

tration. Pour le système de John Bowles, il s'agit d'une sorte de puisard de trois mètres de diamètre environ.

Les problèmes à résoudre: la fiabilité du système, les coûts d'installation et d'utilisation, la disponibilité en nappes d'eau souterraines. Les chercheurs de l'IREQ essaient de perfectionner le système actuel en même temps qu'ils font l'étude économique de l'emploi de thermopompes dans les différents types d'édifices. D'autre part, ils recherchent au niveau international la disponibilité sur le marché de pompes à chaleur adaptées à notre climat. Parallèlement à cet effort, la compagnie FORATEX International Inc., de Dorval, réalise pour le gouvernement du Québec l'étude de la disponibilité en eau souterraine, selon sa température et son degré de pureté.

D'ici quelques mois, on devrait en savoir beaucoup plus sur l'intérêt d'utiliser des thermopompes au Québec. Le coût actuel des installations par rapport à leur rendement médiocre n'en font pas un moyen privilégié de lutte contre la crise de l'énergie, mais au moins cela permet de diminuer un peu la consommation de pétrole.

François Picard

...le droit à une enfance heureuse

1979 Année
Internationale
de
l'Enfant



Unicef Canada 

MÉDECINE DU TRAVAIL

DES VIBRATIONS QUI FONT DES RAVAGES

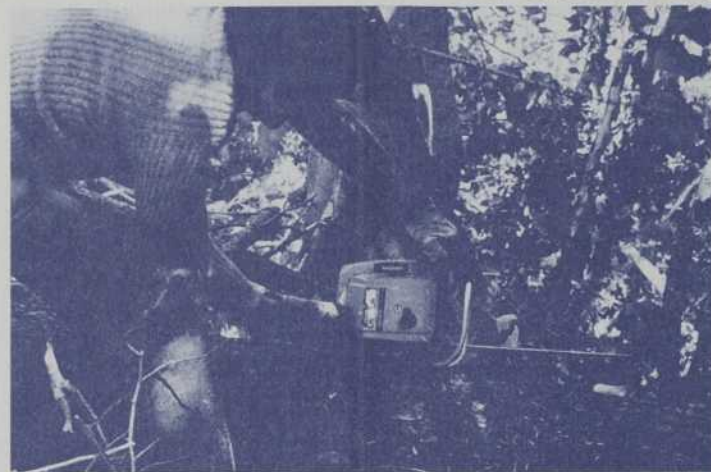
Aux côtés de maladies industrielles tristement célèbres telles que l'amiantose ou la silicose, il en est d'autres dont on parle moins et qui font pourtant des ravages. On peut classer le syndrome de Raynaud dans cette catégorie. Cette maladie apparaît chez des ouvriers de la forêt, d'usines, de fermes, de la construction soumis à de fortes vibrations pendant de longues périodes. Il s'agit d'un champ de recherche nouveau pour les médecins spécialisés dans le domaine de la santé au travail. Depuis près d'un an, des chercheurs de l'université Laval et de l'université McGill se penchent sur le problème, subventionnés respectivement par le gouvernement provincial et le gouvernement fédéral. À l'université Laval, le Dr Gilles Thériault, avec un autre médecin et un statisticien, doit déterminer l'importance de la maladie, sa prévalence et son incidence chez les travailleurs de la forêt qui utilisent la scie mécanique: c'est là que le syndrome de Raynaud frappe le plus fort.

La maladie doit son nom à un médecin français, Maurice Raynaud, qui a publié en 1862 un important travail sur l'asphyxie locale et la gangrène symétrique des extrémités. Le syndrome de Raynaud consiste en des troubles circulatoires au niveau des mains, et parfois des pieds, causés par une diminution du calibre des vaisseaux sanguins. Il s'ensuit une syncope et une asphyxie des extrémités du corps.

Les doigts deviennent blancs, pendant un temps assez court au début de la maladie, puis de plus en plus longtemps. Le doigt est alors insensible. Puis, en se rétablissant, il est d'abord bleuté avant de rougir, et cela s'accompagne de douleur et de picotements. Ensuite, tout est de nouveau régulier. Cela peut arriver plusieurs fois dans une même journée. Ordinairement, dans les débuts de la maladie, les symptômes apparaissent plus fréquemment lorsqu'il fait frais et humide. Par la suite, ils

se manifestent chaque fois que l'ouvrier utilise une scie mécanique. En fait, il y a contraction des vaisseaux qui sont traumatisés par le froid et par les vibrations. Quand seules les vibrations sont présentes, par exemple en été, le phénomène se produit plus lentement.

D'après des études déjà faites hors du Québec, on pense



que 40 à 60 pour cent des individus qui utilisent en permanence une scie mécanique sont touchés par la maladie après un certain nombre d'années d'exposition. Et les premiers symptômes peuvent apparaître après seulement quatre ou cinq ans. La maladie reste ensuite au moins au même degré aussi longtemps que l'individu continue d'utiliser une scie. Il semble, mais on n'en est pas certain, qu'il y ait une certaine régression quand l'ouvrier cesse de manier la scie. Certaines personnes restent toute leur vie avec la maladie à son plus haut degré, chez d'autres le mal diminue mais sans disparaître pour autant. Une fois la maladie installée, un rien peut déclencher ses manifestations: être exposé à l'humidité ou au froid, conduire une automobile ou toucher un objet qui émet des vibrations.

Les recherches actuelles devraient permettre de déterminer l'importance de la maladie au Québec où l'on compte un grand nombre de travailleurs de la forêt. À l'université Laval,

elles comportent deux étapes. Dans la première, les chercheurs sont allés rencontrer environ 1500 ouvriers forestiers dans une vingtaine de milieux différents, et leur ont soumis un questionnaire. À partir de ces données, on peut établir combien d'ouvriers présentent des symptômes de la maladie et à quel degré: certains ont juste les doigts blancs tandis que d'autres ne sont même plus capables de travailler et songent à quitter leur emploi.

La deuxième étape des recherches, celle en cours présentement, consiste à faire

venir à Québec 60 des personnes atteintes selon un échantillonnage prédéterminé et à les soumettre à des tests en milieu hospitalier à l'Hôtel-Dieu sous la supervision du Dr Gilles Laroche. Ainsi, on peut examiner les malades avec tous les moyens possibles et diagnostiquer leur état avec un maximum de précision.

D'autres études sont faites en parallèle à l'université McGill et à l'Institut de santé et de sécurité au travail de Mont-Saint-Hilaire, sous la direction du Dr P. V. Pilnar. Il s'agit du même type de recherches mais sur un échantillonnage d'un millier de travailleurs de la forêt dans la région de Mont-Laurier et le sud du Québec.

Cependant, si toutes ces recherches devraient permettre des mesures de prévention, s'il en est, elles ne changeront rien au sort de ceux qui sont déjà sous l'effet de la maladie de Raynaud, un mal incurable. Le seul remède connu: changer de métier. Ce qui n'est pas toujours possible.

François Picard

ARCTIQUE

LA MENACE

«Au large du Labrador, la violence des mers et la forte compression des champs de glaces flottantes créent des conditions nettement au-delà des capacités de tous les systèmes technologiques actuels. Aucun pays, ni aucune société ne possèdent d'équipements qui puissent contenir une fuite de pétrole, ou en récupérer ou détruire la moindre portion significative.»

L'homme qui parle ainsi, c'est Allastair Allan, directeur du Groupe de recherche sur les glaces maritimes, à Saint-Jean, Terre-Neuve. Sa vision pessimiste n'est pas qu'intuition d'universitaire: elle est la conclusion clairement dégagée d'une série de 12 études théoriques sur un «scénario de catastrophe plausible» au cours des forages prévus au large du Labrador.

Mais surtout, son équipe de recherche a pu appuyer ses conclusions sur une étude expérimentale en dimensions réelles: le naufrage du Curtis Dam, en plein hiver, juste au large de Terre-Neuve, ne constituait sans doute pas une reproduction exacte de ce que provoquerait une rupture de puits de forage ou un naufrage plus au nord, mais il permettait tout de même de mesurer expérimentalement le comportement de 10 000 barils de pétrole, dans l'eau froide et dans la glace.

«Et le comportement des autorités officielles aussi», note avec un peu de cynisme le jeune chercheur terre-neuvien, en rappelant à quel point les informations que son groupe recevait, comme celles transmises aux journalistes, étaient constamment faussées.

C'est au sein du programme C-CORE (Centre for Cold Ocean Resources Engineering) de l'université Memorial qu'ont été menées ces études théoriques d'impact d'une fuite pétrolière, dans un environnement de glaces et d'icebergs tel qu'on en découvre en remontant la côte du Labrador. Avouons-le tout de suite, toutes les conclusions ne sont pas aussi négatives. Ainsi, s'il

ANCE DE L'OR NOIR

semble qu'aucun équipement de «sauvetage» régulier ne puisse fonctionner adéquatement dans un tel environnement, et que la fragmentation de la nappe pétrolière par les glaces empêche toute récupération ou toute combustion d'une proportion significative du pétrole dispersé, ce même effet de dispersion diminue grandement les effets destructeurs de la marée noire, alors que la bande de glaces côtières protège le littoral.

«Je pourrais presque dire, commente M. Allan, que l'on est plus démuni face à une fuite pétrolière en environnement de glaces, mais qu'heureusement, de telles fuites risquent d'être moins catastrophiques.»

À court terme, du moins, car plus tard la situation peut se compliquer à nouveau. Dans ce processus de dispersion, le goudron semi-solide formé par le pétrole gelé est moulé en boules, puis effrité en petites billettes, entraînées par les glaces dans leur voyage vers le sud. Il s'ensuit que la multiplication de désastres écologiques aux effets apparemment mineurs pourrait conduire à une dangereuse augmentation de la teneur de l'eau en résidus pétroliers, non pas seulement aux sites des accidents, mais plus au sud... là où les glaces viennent fondre au printemps. Or, cette «zone de fonte», c'est justement à l'heure actuelle, le paradis des pêcheries terre-neuviennes.

La «mer du Labrador» est une des régions les plus riches, à la fois sur le plan des pêcheries (trois pour cent seulement des bateaux qui s'y trouvaient en 1977 étaient canadiens!) que sur celui des promesses pétrolières. Après s'être orientées vers le large de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve, les sociétés détenant les permis d'exploration sont progressivement remontées vers le nord, et les premières découvertes, qui datent de moins de deux ans maintenant, révèlent une richesse qui pourrait bien dépasser, en volume pétrolier, celle de la mer du Nord.

Malheureusement, les glaces demeurent encore l'adversaire implacable qu'elles étaient pour le Titanic, et les fuites pétrolières ou les ruptures de puits, dans l'état actuel de la technologie, ne constitueraient pas une malchance, mais une certitude, si le feu vert était donné à l'exploitation.

«Ce qui me désole, commentait le chercheur terre-neuvien, au cours d'une entrevue accordée lors du séminaire annuel de l'Association canadienne des rédacteurs scientifiques à Toronto en avril dernier, c'est qu'après le désastre de Saint-Jean, comme celui, beaucoup plus ancien, qui avait affecté les berges de la Nouvelle-Écosse, c'est le ministre de l'Environnement qui a pris les choses en main et a annoncé des mesures diverses (et inefficaces). Pourquoi n'a-t-on pas entendu le ministre du Transport? Il n'y a qu'une façon de réduire l'impact des désastres pétroliers en mer: c'est de construire des bateaux capables d'affronter les glaces et de modifier la technologie de forage. C'est de prévenir.»

Il y cinq ans, Jeanne Sauvé, alors ministre d'État à la Science et la Technologie, lançait à Ottawa un vaste programme quinquennal sur les océans, qui devait faire du Canada le leader mondial des recherches, dans le domaine arctique en particulier. L'hiver dernier, six bateaux ont été emprisonnés dans les glaces du Labrador... dont deux des plus puissants brise-glaces canadiens! «Je ne sais pas la définition qu'on donne à Ottawa à «programme d'excellence», mais jusqu'ici, les efforts ont été dérisoires» déplore donc Allastair Allan, en espérant que la naissance récente de son groupe C-CORE pourra changer un peu les choses.

Pierre Sormany

ÉCOLOGIE

SOCIOLOGUES ET MOUCHES TSÉ-TSÉ

«Équipe internationale d'entomologistes, engagée dans la guerre contre la mouche tsé-tsé, recherche sociologues pour préparer les populations à la période d'après-guerre.»

Cette petite annonce, vous ne la lirez probablement pas dans les journaux... Pourtant, elle n'a presque plus rien de science-fiction!

Dans le continent africain, en effet, l'homme et les animaux domestiques ne sont pas naturellement protégés contre le tripanosome, parasite porté par la mouche tsé-tsé, et responsable de la maladie du sommeil. Les animaux sauvages, toutefois, le sont en général. La mouche a donc servi en quelque sorte de véritable «barrière écologique» contre la progression de l'homme dans de vastes régions de ce continent.

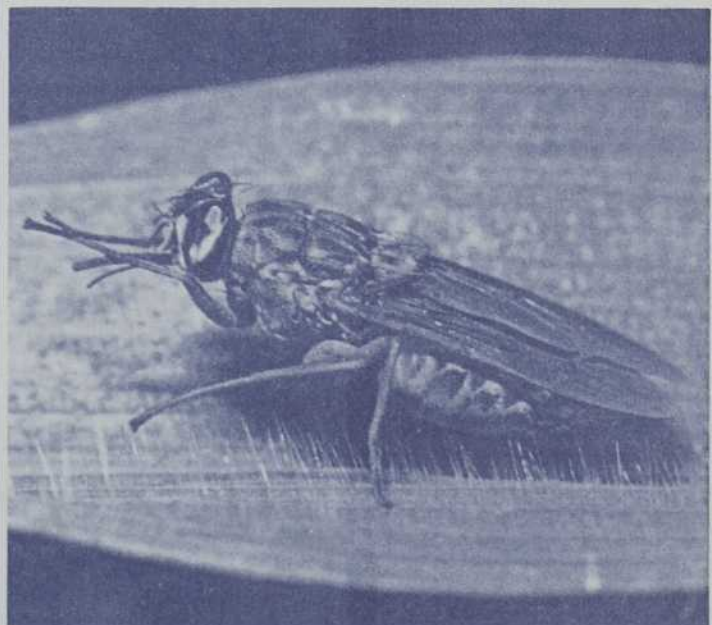
À première vue, c'est une catastrophe agricole (la perte de vastes territoires de plus de dix millions de kilomètres carrés) qui s'ajoute aux effets épidémiologiques de la mouche (10 000 cas d'infections par année). Toutefois, la progression de l'homme dans le nord de l'Afrique s'accompagne

depuis plusieurs siècles d'une augmentation déraisonnable du cheptel, considéré comme symbole de richesse plus que comme source de protéines. Élevés en trop grande quantité, ces animaux, les chèvres surtout, constituent la première cause de la destruction du couvert végétal africain et de la progression subséquente du désert.

D'où une question fondamentale: la victoire éventuelle de l'homme contre la mouche tsé-tsé n'aura-t-elle pas comme effet à long terme la destruction irréversible de l'écologie naturelle des steppes africaines, non seulement comme potentiel agricole, mais aussi comme niche écologique de nombreuses espèces sauvages?

La question n'est pas qu'académique. S'il est un insecte que l'homme peut espérer vaincre à moyen terme, c'est bien cette énigmatique mouche tsé-tsé. «Cet insecte, affirme en effet l'entomologiste torontois William Friend, c'est une bête bien improbable, un accident évolutif sans doute!»

Dans le grand jeu de dés des mutations génétiques, sélec-



tionnées ensuite par un environnement fort exigeant, où seuls les plus aptes survivent, la plupart des insectes (au-delà de 30 millions d'espèces différentes recensées) ont développé progressivement certaines réponses communes. La carapace extérieure qui les protège efficacement contre les prédateurs leur impose par contre une contrainte: celle de croître par à-coups. Or, pendant ces phases de croissance rapide, ou de mutations radicales, les insectes deviennent fort vulnérables. Il en meurt des quantités phénoménales, et seul un rythme de reproduction «époustouflant» permet à l'espèce de traverser ces hécatombes.

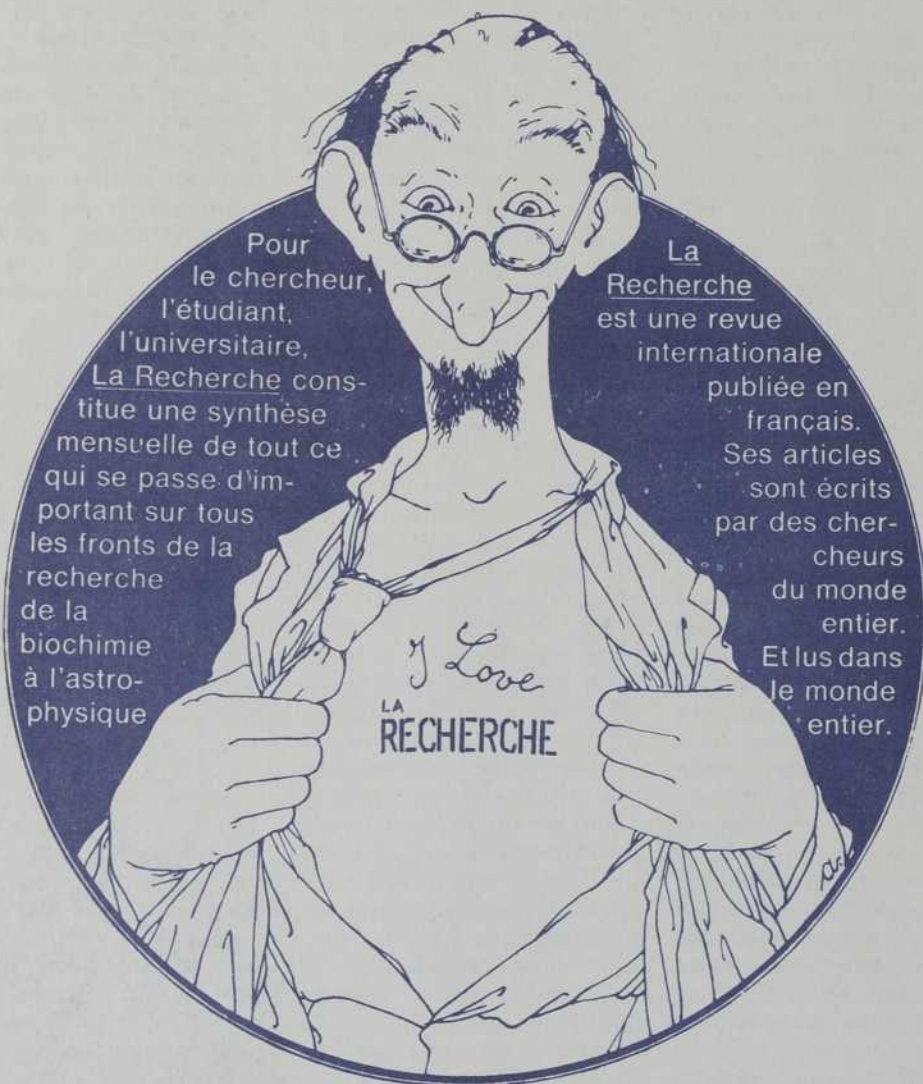
«Mais la mouche tsé-tsé, note William Friend, professeur à l'Université de Toronto, a une descendance très peu nombreuse après un seul accouplement par femelle et elle a une faible densité de population.» Si cette faible densité rendait d'autant plus difficile le contrôle de l'insecte par des insecticides chimiques, elle désigne par contre la mouche tsé-tsé comme victime de choix d'une autre technique de lutte: la saturation de territoires par des mâles stériles.

Utilisée la première fois il y a une dizaine d'années contre un parasite fruitier, dans la péninsule de la Floride, cette technique avait alors nécessité la mise en place d'une usine capable de produire 50 millions de mâles stériles par semaine, de les placer dans des avions, et de les répartir abondamment sur tout le territoire visé. Le défi était si gros que bien peu de scientifiques croyaient aux chances de succès.

«Dans le cas de la mouche tsé-tsé, prétend William Friend, cette saturation ne poserait guère de problème, d'autant plus qu'il est possible d'utiliser des barrières d'insecticides chimiques pour créer des «îlots écologiques» rapidement dominés par les mâles stériles.»

Le professeur torontois présentait sa communication en avril dernier, devant un auditoire d'une vingtaine de journalistes scientifiques canadiens. À travers cet exemple de la mouche tsé-tsé, c'est le caractère de plus en plus interdisciplinaire et fondamental de toute

La Recherche a des lecteurs dans 83 pays: pourquoi pas vous?



Offre spéciale *

Je désire souscrire un abonnement d'un an (11 n^{os}) à la Recherche au tarif de 26 dollars canadiens au lieu de 33 dollars.

nom _____

adresse _____

pays _____

**à retourner accompagné de votre paiement à
DIMEDIA, 539, bd Lebeau, Ville-St-Laurent P.Q. H4N 1S2.**

* offre réservée aux particuliers, à l'exception de toute collectivité.

«lutte écologique» qu'il tentait de faire ressortir.

«Le problème, reconnaît-il, c'est que nous nous condamnons nous-mêmes à friser toujours la catastrophe. Nos connaissances sont trop partielles pour que nous remportions de victoire décisive. Mais dès que nous croyons avoir remporté une bataille, nous capitalisons nos gains sous forme d'une augmentation de la production agricole, d'une augmentation de la population humaine et d'une pression encore plus

forte de la demande. Nous nous retrouvons toujours coincés à notre ultime limite, sans marge de sécurité dès qu'un nouveau fléau apparaît, ou que nos gestes produisent des conséquences imprévues».

À ses yeux, la lutte millénaire entre l'homme et les insectes est certes une aventure scientifique, mais elle devra aussi devenir sociologique, politique, et impliquer aussi une meilleure gestion des ressources.

Pierre Sormany

FORESTIERIE

LE B.t. CONTRE LA SPONGIEUSE

C'est au cours des dernières semaines que devait commencer officiellement la guerre ouverte contre la spongieuse, cette chenille poilue qui attaque depuis quelques années les feuillus du sud du Québec, et constitue selon les amateurs de randonnées pédestres un fléau encore plus incommode que la trop célèbre tordeuse des bourgeons de l'épinette.

En effet, si cette dernière représente pour les exploitants forestiers un véritable désastre cyclique, la seconde qui s'attaque presque exclusivement au chêne, hêtre, bouleau et peuplier ne semble guère devoir prendre une aussi grande importance dans les forêts québécoises. La situation est toutefois différente à une échelle locale, dans le cas de petits domaines forestiers où ces espèces feuillues dominent, tels les forêts d'Oka, du Mont Saint-Bruno, du Mont Saint-Hilaire, et de certains boisés de l'Estrie.

Or, ces forêts présentent souvent plus d'intérêt pour les amateurs de nature à cause de leur grande diversité. Le Mont Saint-Hilaire, par exemple, est le seul domaine au Canada désigné comme réserve écologique dans le programme «l'homme et sa biosphère» de l'Unesco. Sur les 90 000 visiteurs de ce parc, l'année dernière, bon nombre d'entre eux ont estimé fort désagréables ces chenilles

qui leur «pleuvaient dessus» à la moindre brise.

La spongieuse est apparue au Québec en 1924. Depuis quelques années, elle s'est réellement adaptée à nos conditions climatiques et elle a pu prendre le dessus sur ces compétiteurs naturels.

Aussi, les biologistes du domaine Gault, de l'université McGill, en collaboration avec Environnement Canada et le ministère québécois des Terres et Forêts, ont-ils décidé d'opter pour un programme de lutte biologique qui ne chercherait pas nécessairement à éliminer toutes les spongieuses, mais simplement à rétablir l'équilibre de la compétition naturelle, qui n'a chaviré que récemment. Outre

qu'elle n'implique l'usage d'aucun insecticide chimique (aux effets secondaires non négligeables, surtout dans des forêts destinées partiellement à la protection écologique et la récréation) la lutte biologique envisagée apparaît en fait moins coûteuse, et risque moins d'entraîner l'apparition de variétés de spongieuses résistantes aux armes utilisées.

Le programme proposé repose sur la pulvérisation du *Bacillus thuringiensis*, une bactérie pathogène pour les insectes mangeurs de feuilles. Cette bactérie est bien connue au Québec, puisque des expériences visant à son utilisation prochaine dans la lutte intensive contre la tordeuse des bourgeons sont en cours depuis quelques années au Centre de recherche forestière des Laurentides (Environnement Canada) à Québec. Normalement, deux pulvérisations, à environ une semaine d'intervalle, doivent avoir eu lieu au cours des derniers jours de mai.

Cette première phase vise à ramener cette année l'infestation à un niveau auquel les contrôles naturels devraient recommencer à s'exercer. Mais pour éviter de voir à nouveau l'insecte reprendre le dessus

au fil des prochains mois, de petites quantités d'un parasite de l'œuf de cette bestiole seront importées dans les principales forêts infestées. Ce parasite, dont le nom scientifique est *Anastatus dispars*, est déjà établi dans le Maine, et vient d'être délibérément introduit en Ontario pour les mêmes fins. C'est un ennemi naturel de la spongieuse, largement répandu en Europe, et c'est grâce à lui que la spongieuse semble normalement tenue en échec sur ce continent.

Interrogé sur l'efficacité prévue de ce programme en cours, G.S. Kingdon, de l'université McGill, estime pour sa part que tous les espoirs sont permis. «Normalement, on ne devrait pas avoir besoin de répéter l'expérience chaque année, si le contrôle naturel de la spongieuse reprend comme prévu.»

On pourrait renouveler le traitement à des intervalles d'environ cinq ans, si des mesures faites sur le terrain indiquent une reprise de l'infestation par la spongieuse dans certaines régions du Québec.

En tout cas, rien n'indique pour l'instant que la spongieuse ne doive prendre la relève de la tordeuse au rang des grands fléaux forestiers québécois.

Pierre Sormany



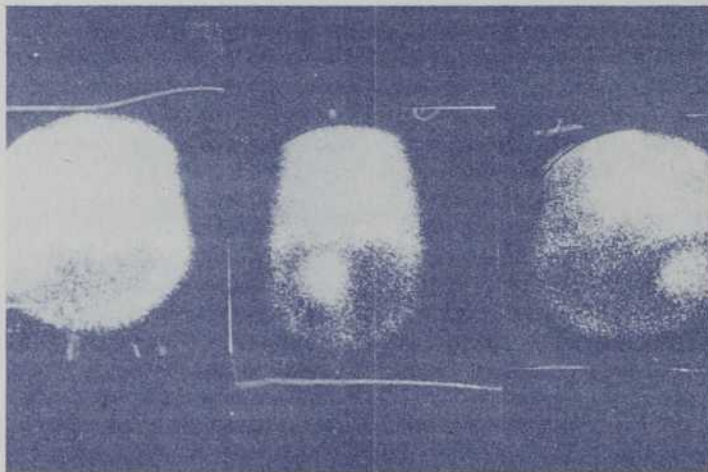
MÉDECINE NUCLÉAIRE

COMME UN CHEVAL BLANC

Dernière-née des spécialités médicales, la médecine nucléaire met à profit les propriétés des éléments radioactifs pour étudier le métabolisme et la morphologie d'un organe ou d'un système. De plus, elle permet de quantifier le phénomène et cela très tôt, aux premiers stades du développement de la maladie. Cette discipline, qui n'a été reconnue qu'en 1969 par le Collège des médecins et chirurgiens du Québec et en 1975 par le reste du Canada, prend toute son importance dans la contribution qu'elle apporte au diagnostic et au traitement de la pathologie néoplasique, c'est-à-dire la formation de tissus nouveaux ou de tumeurs. Elle permet aussi, sans risque ni exposition induite aux radiations, de localiser le site primitif d'une lésion.

La médecine nucléaire est essentiellement une méthode d'investigation. Au cours d'un examen, la technicienne injecte au patient une substance en tout point similaire aux agents normalement présents dans le corps humain: calcium, iode, phosphore, etc. Une seule différence: elle est radioactive et émet des photons, ce qui la rend scintillante. L'isotope radioactif suit le flux sanguin et va se fixer dans l'organe qui lui est propre. À l'aide d'appareils tels que le scintigraphe ou gamma-caméra (du nom du rayonnement utilisé), on pourra suivre son cheminement et évaluer son accumulation dans l'organe visé. Par exemple, la glande thyroïde métabolise l'iode. L'iode radioactif qu'on injecte au patient circule dans le sang comme le ferait l'iode naturel. En approchant de la glande thyroïde, il est capté par cette dernière qui en a un constant besoin. Aussi longtemps que l'iode 131 scintille, on peut observer son comportement en plaçant le patient devant le scintigraphe ou la gamma-caméra.

Ces substances ont des demi-vies courtes et leur force décroît rapidement. Ainsi l'iode 131 a une demi-vie de huit jours et le Technétium 99m, l'agent radio-



Avec les techniques de la médecine nucléaire, on a pu faire la cartographie du cerveau et mettre en évidence cet astrocytome, ou tumeur primitive du système nerveux central.

actif le plus utilisé lors des examens, de six heures. De six heures en six heures, la force du Technétium 99m décroît de moitié jusqu'à élimination.

«La manière la plus simple de comprendre le processus est de comparer la substance à un cheval blanc», dit le docteur Raymonde Chartrand, spécialiste en médecine nucléaire, attachée à l'hôpital Saint-Luc de Montréal. «Vous voulez observer son comportement dans un milieu donné, alors vous le lâchez au milieu d'un troupeau de chevaux noirs. Vous pouvez ainsi suivre ses déplacements. Après quelque temps, quand il aura bien couru, traversé plaines et rivières, roulé dans la boue, il sera aussi noir que ses congénères et vous le perdrez de vue. C'est exactement la manière dont se comportent nos isotopes radioactifs.»

Les isotopes radioactifs utilisés irradient moins le patient que lors d'une simple radiographie. Calculées, reconnues et acceptées par la Commission d'énergie atomique du Canada, les doses administrées sont infinitésimales, éliminant en pratique, les risques d'effets de seuil, d'allergie ou d'accumulation.

Par ces méthodes les médecins peuvent visualiser un organe particulier ou bien le corps au complet et identifier une lésion. Ainsi, lors d'une



Des appareils comme la gamma-caméra permettent de suivre le cheminement de l'isotope radioactif dans le corps et dans l'organe où il va se fixer, par exemple dans le foie ou le cerveau.

scintigraphie osseuse, la substance injectée (méthylène-diphosphonate marqué au Technétium 99m) suit le métabolisme osseux, c'est-à-dire le mouvement de calcium ou de phosphore dans l'os. Au niveau de la fracture ou de la tumeur, il y a une plus grande captation de la substance. Cette captation accrue s'explique par une augmentation du métabolisme osseux (hyper-vascularité) qui tend à compenser et à réagir contre l'agression. Cette zone de captation est qualifiée de chaude. Inversement, une lésion du foie, dans laquelle il y a destruction de cellules, ne captera pas les isotopes radioactifs qui seront absorbés par

les cellules saines environnantes. Cette zone de non-captation est qualifiée de froide. La plupart du temps, la localisation et la forme de ces zones chaudes ou froides permettent aux médecins d'identifier la tumeur. Quand un doute persiste, un examen histologique de la lésion doit être fait par d'autres moyens d'investigation, par exemple la biopsie.

Les «nucléistes», comme se plaît à les appeler le docteur Étienne Le Bel, radiobiologiste et professeur à l'Université de Sherbrooke, savent comment chaque organe réagit face à une substance déterminée. On peut ainsi élaborer des critères afin de localiser, d'identifier et de quantifier une maladie. Le Dr Le Bel précise: «Plusieurs ont encore tendance à considérer la médecine nucléaire comme une simple technique de mise en image. En réalité, la mise en image n'est qu'un aspect de la méthode radioisotopique et c'est dans ses aspects quantitatifs que la médecine nucléaire apporte une contribution originale. On pouvait le faire auparavant mais uniquement en éprouvette; c'était impossible «in vivo» (chez l'humain).»

Cette méthode évite aussi des erreurs grossières de diagnostic souligne le Dr Le Bel: «Nous avons plusieurs cas bien documentés dans nos départements de médecine nucléaire, de malades porteuses d'un cancer du sein classifié au stade II en raison d'une série métastatique radiologique négative et chez qui la scintigraphie du squelette a montré des métastases extensives, identifiant un stade IV. Ces erreurs de classification lorsqu'elles ne sont pas corrigées, entraînent un coût excessif humain mais aussi social et économique.»

Les visites industrielles à l'Hydro-Québec

En 1978, plus de soixante-quinze mille visiteurs ont été reçus dans les différents postes et centrales ouverts aux visiteurs. Cette année encore, l'Hydro-Québec est prête à accueillir le public inté-

ressé à mieux connaître ses installations. Ces dernières sont les plus susceptibles de projeter une image globale de l'entreprise, de sa raison d'être, de ses moyens d'action, de sa technique et de son avenir.

été seulement

— Région Maisonneuve
(514) 842-7861, poste 212
Visites guidées tous les jours de la semaine

Centrale Carillon
21 mai – 4 septembre
9 h à 16 h

Centrale Rivière-des-Prairies
21 mai – 4 septembre
9 h à 16 h

— Région Mauricie
(819) 378-4581, poste 256
Visites guidées tous les jours de la semaine

Centrale LaTuque
22 mai – 8 septembre
9 h à 17 h

— Région Manicouagan
(418) 296-5581, poste 220
Visites guidées tous les jours de la semaine

Centrales Manic 2, Manic 3 et Manic 5
16 juin – 3 septembre
Manic 5: 11 h – 13 h – 14 h – 15 h
Manic 3: 10 h – 13 h 30
Manic 2: 9 h – 13 h – 15 h

— Région Matapédia
(418) 724-1216
Visites guidées tous les jours de la semaine

Éolienne des Îles-de-la-Madeleine
24 juin – 1er septembre
9 h à 17 h

toute l'année

— Région Maisonneuve
(514) 842-7861, poste 212

Centrale Beauharnois

N.B. On peut visiter, sur demande, les postes Dorchester, Berri, Duvernay ou Boucherville.

— Complexe nucléaire Gentilly
(819) 298-2943, poste 275

Centrale Gentilly 2
8 h 30 à 16 h 30

— Région Montmorency
(418) 529-8711, poste 456

Poste Lévis et Laurentides
(sur demande seulement)

— Tracy
(514) 742-3731

Centrale thermique
(sur demande seulement)

— Institut de recherche de l'Hydro-Québec
(514) 652-8508

Laboratoires de recherche
(sur demande seulement)



Carillon



LaTuque



Manic 5



Gentilly 2



Éolienne des Îles-de-la-Madeleine



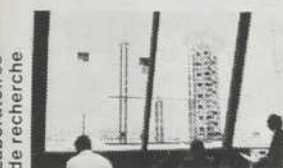
Beauharnois



Poste Laurentides



Centrale thermique



Laboratoires de recherche

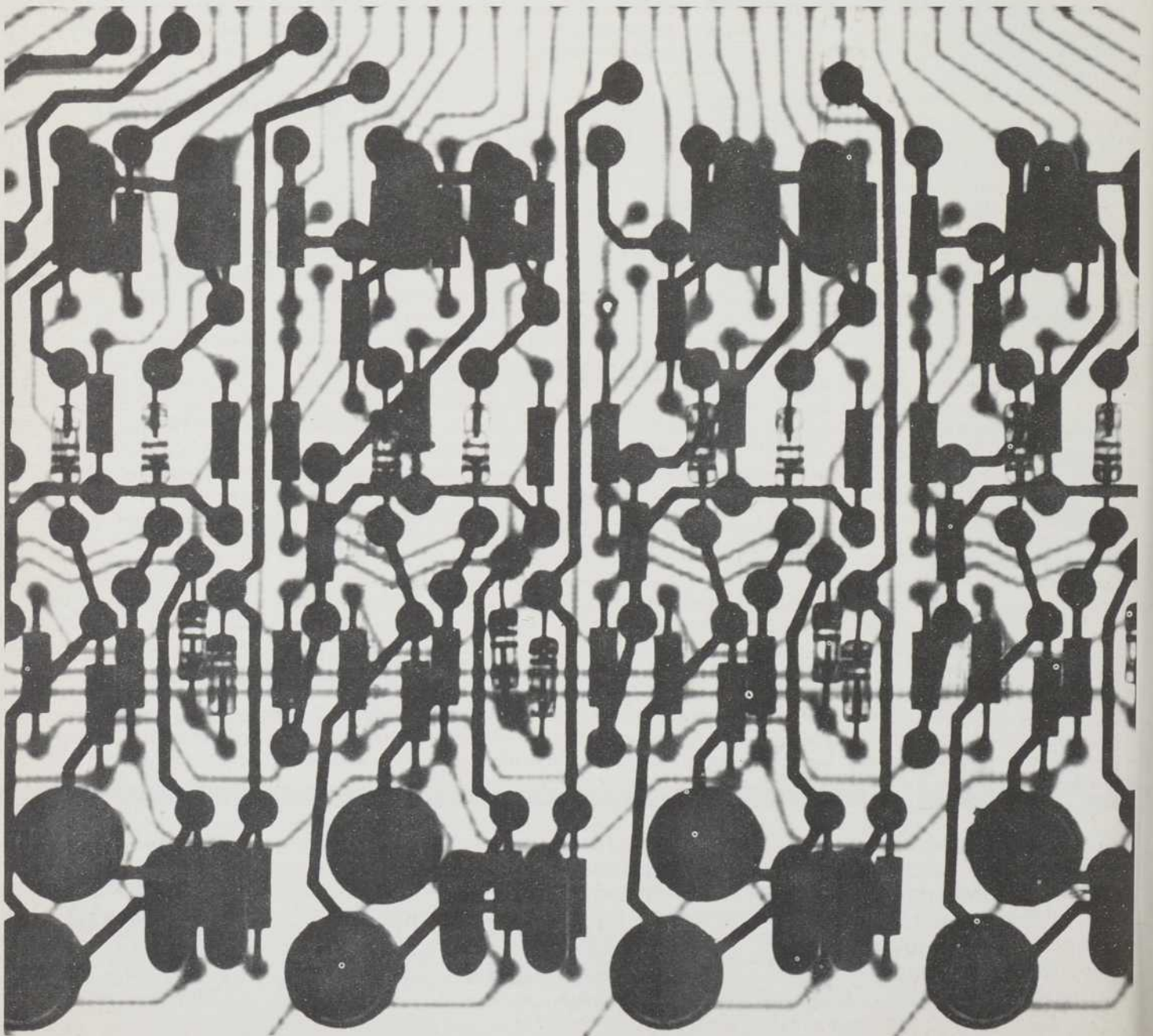
Pour obtenir des renseignements complets sur les visites des installations de l'Hydro-Québec, téléphoner au numéro suivant: (514) 285-1711, poste 8778 ou écrire à:

Hydro-Québec
Relations collectivités
Relations publiques
75 boul. Dorchester ouest
19^e étage
Montréal, Québec
H2Z 1A4

**Pour vivre
le Québec
ensemble**

L'UTOPIE BIONIQUE

La micro-électronique lorgne du côté de la biologie,
mais l'homme de six millions
n'est pas pour demain



QUÉBEC
par
La s
et de
ce m
pétr
1.5 p
Marc
revue
ingén
et au
form
S
roses
diode
proc
dre 3
surto
l'autr
larde
Po
n'est
vrai
chien
d'avo
d'avo
pièr
trava
neme
agenc
circuit
De
parle
matiq
nes, l'
bioniq
Cardin
pact le
années
imiter
Hockey
leurs je
ins s'an
suggè
de la le
Le
l'usage
superla
puer
nouve
être h
De le
ques e
aiment
d'année
léon, lit
Cete sta
prend pl
moteurs
mouven
un indro
lever un
exploit
de six m
Dans un
1971, L'

par André Lemelin

La souris *Moonlight*, jusqu'ici invaincue et détentrice du record mondial, fera face ce mois-ci, à New York, à une forte compétition lors de la finale du labyrinthe de 1,5 mètre sur 2,5 mètres. Cette course de championnat, l'*Amazing Micro-Mouse Maze Contest*, est une initiative de la revue *Spectrum*, organe de l'Institut des ingénieurs en électricité et électronique, et aura lieu au Congrès américain d'informatique.

Sous ses belles et grandes oreilles roses, la Souris bionique dissimule des diodes, des photodétecteurs et un microprocesseur Z-80 qui lui permet de prendre 99 décisions en cours de route, mais surtout de s'améliorer d'une course à l'autre. C'est la souris la plus débrouillarde fabriquée par l'homme.

Pour être *bionique*, en effet, point n'est besoin d'être une vraie souris, un vrai homme, une vraie femme ou un vrai chien. Il n'est pas nécessaire non plus d'avoir subi un accident mortel, puis d'avoir eu le privilège d'être remonté pièce par pièce par des super-médecins travaillant dans l'ombre d'un bon gouvernement. Il suffit d'être machine, pur agencement de pièces de métal et de circuits électroniques.

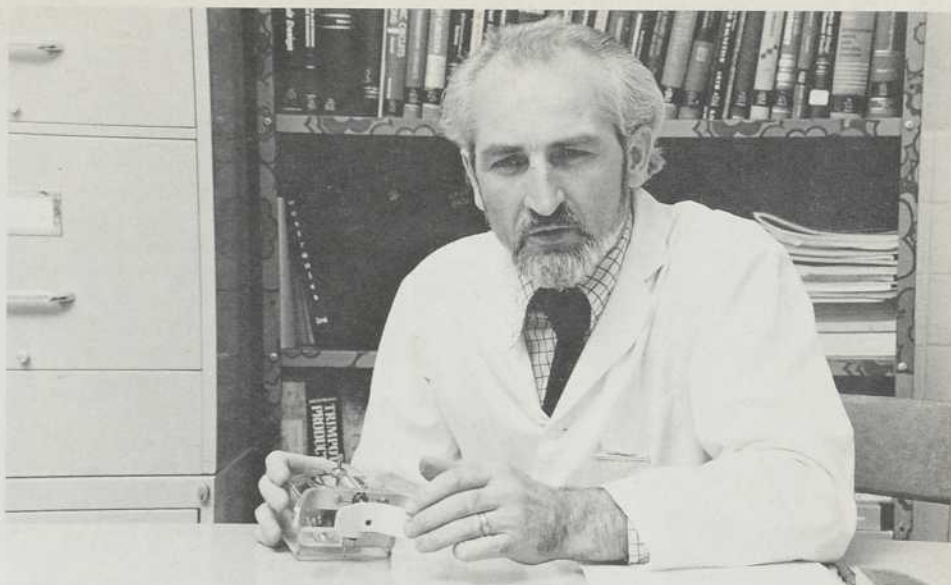
Ce qui brouille les cartes, quand on parle de bionique, c'est la référence automatique aux séries télévisées américaines, l'*Homme de six millions* et la *Femme bionique*, basées sur le roman de Martin Caidin, *Cyborg*, paru en 1972. Leur impact est considérable. Il y a quelques années, les enfants ont commencé à imiter les magnétoscopes de la *Soirée du Hockey*: ils faisaient voir la «reprise» de leurs jeux. De la même façon, aujourd'hui, ils s'amusent à copier les gestes ralentis, suggérant vitesse et force, de l'homme et de la femme bioniques.

Le mot a été vidé de son sens et l'usage en a fait un cliché, un simple superlatif à sensation. On dit que tel joueur de hockey est bionique. C'est le nouveau mythe de l'homme parfait: un être hybride, l'*homme-machine*.

De fait, certaines réalisations techniques étonnantes peuvent contribuer à alimenter ce mythe. Il y a une dizaine d'années déjà qu'a été inventé l'*exoskeleton*, littéralement «squelette extérieur». Cette structure métallique, dans laquelle prend place un homme, est couplée à des moteurs électriques qui amplifient les mouvements musculaires. Ainsi équipé, un individu peut assez facilement soulever un poids d'une ou deux tonnes. Un exploit qui cadre bien avec notre Homme de six millions.

UN RÉVEIL-MATIN SOUS-CUTANÉ

Dans un bouquin fort sérieux publié en 1971, *L'âge de l'information*, on trouve



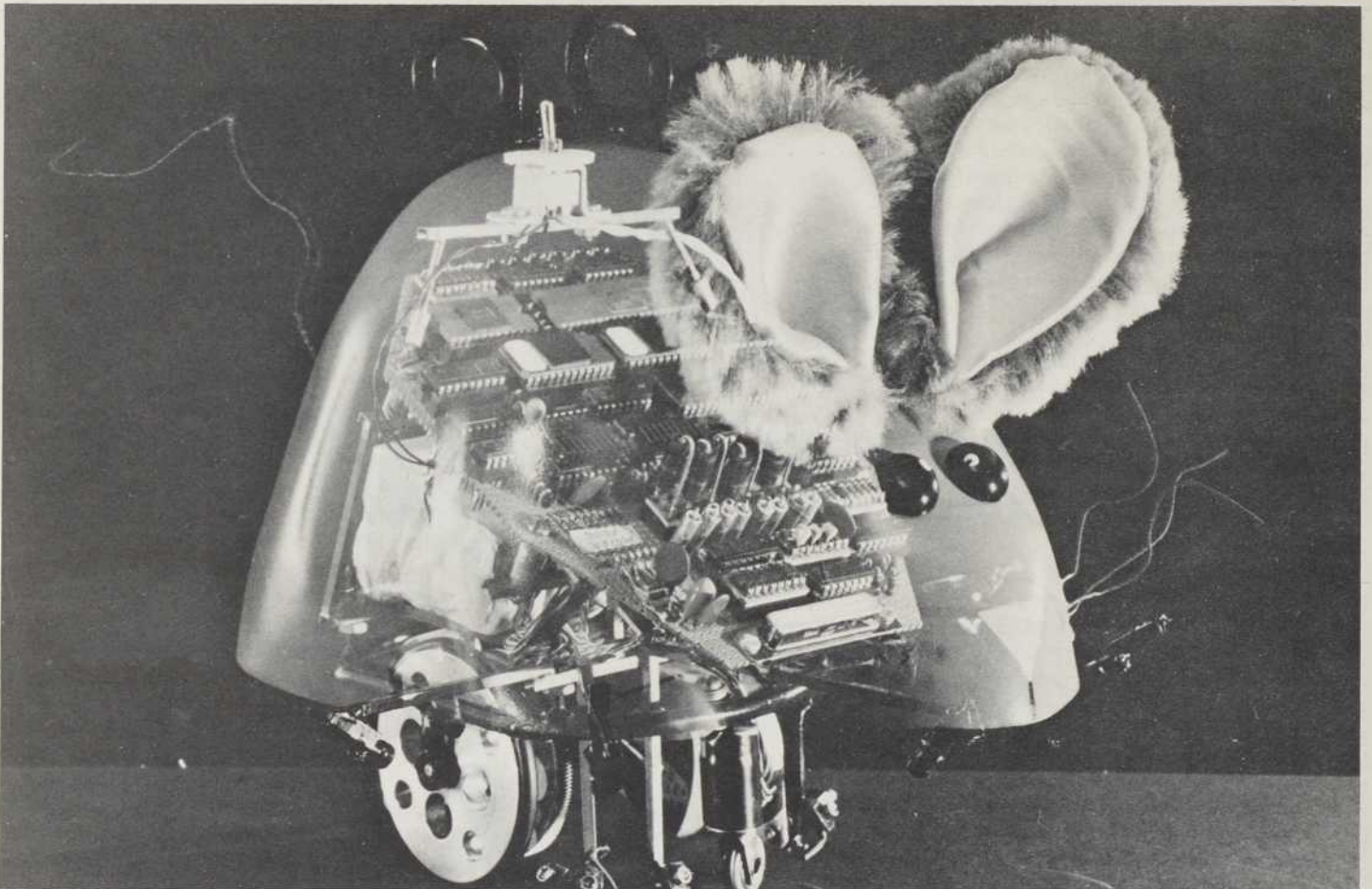
Jean-Guy Lebel

un article de T.C. Helvey intitulé *Contrôle bionique du sommeil chez les astronautes*. Faisant d'abord le point sur l'anatomie, la physiologie et la psychologie du sommeil, l'auteur passe en revue les principales méthodes de contrôle du sommeil (drogues, hypnose, électrochocs et électronarcose) pour en arriver au résultat de ses propres expériences: un stimulus électrique sinusoïdal appliqué au nerf optique provoque le sommeil chez la plupart des sujets en quelques minutes et son effet est stable même en présence de stimuli extérieurs, une douce musique de jazz par exemple.

Débordant le problème des vols spatiaux, où cette technique est d'une utilité évidente, T.C. Helvey forme de grands projets pour la société de demain. «Le temps pourrait même venir, écrit-il, où des implants bioniques prendront en charge le sommeil et la veille. Réagissant aux symptômes biophysiques ou biochimiques de fatigue, ils auraient l'avantage d'éliminer la surcharge imposée à l'organisme et de prévenir l'exposition du psychisme à un stress excessif. De quoi augmenter de façon significative l'espérance de vie de l'humanité. Même en tenant compte de la dégénérescence du tissu cardiaque, nous pourrions vivre 150 ou 200 ans.»

Voilà une perspective intéressante, que les courbes démographiques tendent cependant à relativiser. Mais allons plus loin, dans la vie de tous les jours: «Bien sûr, quand ce temps arrivera, notre modèle d'activité en sera grandement modifié. La sensation d'une piqûre sur votre peau au-dessus de l'implant pourrait signifier: *Tu travailles trop fort, tu ferais mieux d'aller au lit — parce que dans cinq minutes je vais t'endormir*. Le dispositif pourrait vous réveiller deux heures plus tard. Admettons que vous restiez couché. Si vos rythmes cardiaque et respiratoire sont suffisamment réduits, il émettra des chocs électriques doux et continus signifiant: *Tu es paresseux. Je*

M. Yves Lozac'h, ingénieur à l'emploi du Centre de réadaptation de Montréal, a conçu ce pré-amplificateur utilisé dans les prothèses des membres supérieurs du monde entier.



IEEE-Spectrum

Initiative de la revue américaine *Spectrum*, la souris Moonlight, avec ses diodes, ses photodétecteurs et son microprocesseur Z-80, peut prendre 99 décisions en cours de route. Elle a été construite par quatre ingénieurs de Battelle-Northwest à Richland aux États-Unis.

sais que tu es bien reposé. Debout et fais quelque chose.» Et T.C. Helvey conclut: «Ceci n'est pas de la science-fiction.» Mais qu'est-ce donc que la bionique?

UNE SCIENCE CARREFOUR

Pour une fois, le *Petit Robert* nous induit en erreur. Et il n'est pas le seul. Nombre de scientifiques sont incapables de donner une définition correcte de cette science marginale. Isaac Asimov lui-même, dans son *Asimov's Guide to Science*, s'est laissé prendre à l'assemblage facile de *biologie* et *électronique*. Mais le major Jack E. Steele, de la division médicale aérospatiale de l'armée de l'air américaine, a forgé le mot *bionics*, un soir d'août 1958, à partir du grec *bion*, «unité de vie». Toute la force du néologisme tient au fait qu'il suggère immédiatement l'idée de l'être vivant. D'ailleurs, en biologie, *bion* a souvent le sens d'*individu*. Comme le remarque Lucien Gérardin dans son livre, *La bionique*, «le nom a été nettement conçu pour favoriser l'introduction de cette nouvelle venue.» Les 13, 14 et 15 septembre 1960, plus de 700 biologistes, ingénieurs, physiciens, mathématiciens et psychologues se réunissaient à Dayton, Ohio, pour fonder la science nouvelle.

La bionique est ce qu'on a convenu d'appeler une science carrefour. Son apparition coïncide avec la grande vague de renouveau qui caractérise la fin des années 50 et le début des années 60.

C'est l'époque où on a senti la nécessité de remettre en question la spécialisation extrême de la science moderne.

À proprement parler, il n'y a pas de bioniciens. Il y a des spécialistes de tous les horizons qui partagent le point de vue suivant: la poursuite délibérée de la compréhension et des méthodes des systèmes naturels, fruits de milliards d'années d'évolution, doit certainement accélérer la découverte de principes applicables aux problèmes d'ingénierie, au sens le plus large. D'où la définition du major Steele: la bionique est la science des systèmes 1—qui ont un comportement copié sur celui des systèmes naturels, 2—ou qui présentent les caractéristiques des systèmes naturels, 3—ou encore qui leur sont analogues.

FAC-SIMILÉ OU CONTREFAÇON?

L'exemple classique d'une quasi-copie de la nature, c'est la peau artificielle de dauphin. On cherchait depuis longtemps une explication à la vitesse du dauphin, sans commune mesure avec son carénage et sa puissance musculaire. Une maquette en tous points identique se déplacera dix fois moins vite que son modèle vivant. C'est le paradoxe de Gray, du nom du naturaliste qui cerna le problème. Puis on s'est rendu compte que l'eau s'écoulait le long de son corps de façon parfaitement régulière (ou *laminaire*). À l'inverse, un sous-marin en pleine vitesse crée de fortes turbulences.

En 1960, après quinze ans de recherche, le Dr Max O. Kramer, savant allemand émigré aux États-Unis, découvrit dans son microscope le secret du dauphin: deux couches de peau. La première est mince (1,5 mm), lisse et très élastique; la seconde, épaisse et formée d'une couche de matière spongieuse, absorbe les secousses transmises par l'épiderme et annule les turbulences. La compagnie U.S. Rubber produisit une peau artificielle en caoutchouc, baptisée «Laminflo» (pour écoulement laminaire), lisse d'un côté et hérissée de pointes élastiques de l'autre. On fait adhérer les pointes à la coque, on introduit entre elles un liquide visqueux à base de silicone et le tour est joué: 50 pour cent moins de turbulences aux premiers essais.

Mais ce n'était là qu'une partie du secret. À des vitesses supérieures, cet «amortisseur» ne suffit plus. C'est alors que la peau du dauphin entre dans un mouvement ondulatoire. On n'eut pas sitôt songé à régler ce problème en utilisant de l'air pulsé qu'une nouvelle hypothèse faisait surface: la peau du dauphin serait hydrophobe. Les molécules d'eau, repoussées, se formeraient en billes sur lesquelles le corps n'aurait plus qu'à glisser...

Comme nous le rappelle le mythe d'Icare, la copie servile n'est jamais une solution valable: on s'exagère toujours la simplicité des prétendus «mécanismes» naturels, nos matériaux ne sont pas ceux de la nature; à tout changement d'échelle correspond une solution particulière. Clément Ader n'a pu réaliser la première machine volante qu'après avoir renoncé à en faire battre les ailes (pourtant copiées «textuellement», comme dans les croquis de Léonard de Vinci, sur celles de la roussette, une grande chauve-souris). Il adopta l'hélice, conserva des ailes fixes, et toute l'aviation s'ensuivit. Non, il ne s'agit pas de copier, mais de comprendre, de relier les choses entre elles.

UNE VISION UNITAIRE

C'est d'ailleurs une démarche intellectuelle de type synthétique qui a permis la naissance de la bionique.

En 1942, le mathématicien Norbert Wiener est chargé de résoudre le problème du pointage automatique des canons antiaériens. Deux faits le font réfléchir. Ces machines ont un comportement apparemment *intelligent*: elles s'appuient sur l'expérience et la prévision du futur. Elles souffrent également de «maladies». En effet, si l'on cherche à réduire les frictions, le système se met à osciller de façon incontrôlable.

Wiener discuta de ce problème avec le biologiste Rosenblueth, qui lui confirma l'existence d'un comportement semblable chez l'homme. Dans certaines lésions du cervelet, par exemple, le malade ne peut porter un verre à sa bouche; les mouvements sont amplifiés jusqu'à ce que le contenu du verre se répande sur le sol. Wiener en déduit que pour contrôler une action finalisée (c'est-à-dire orientée vers un but), la circulation de l'information nécessaire à ce contrôle doit former une boucle fermée permettant d'évaluer les effets de ses actions et de s'adapter à une conduite future grâce aux performances passées. La *boucle de rétroaction négative* (negative feedback) était découverte.

On percevait pour la première fois l'unité essentielle des processus de contrôle des machines et des êtres vivants. Cette découverte devait peser d'un poids considérable sur le développement des sciences et des techniques. (C'est grâce à elle si *Moonlight* est capable d'apprentissage.) De cette analogie formelle, Norbert Wiener s'est élevé à une analogie de propriétés pour créer la cybernétique, autre science-carrefour. Il publiait en 1948 un ouvrage capital, *Cybernétique, ou régulation et communication chez l'animal et dans la machine*.

De cette analogie procède également la bionique. «Cybernétique et bionique, précise Lucien Gérardin, se présentent ainsi comme les deux faces opposées et complémentaires d'une même vision des choses: la bionique étudie et réalise des systèmes mécaniques analogues aux systèmes vivants; la cybernétique étudie les systèmes vivants par analogie avec les systèmes mécaniques.»

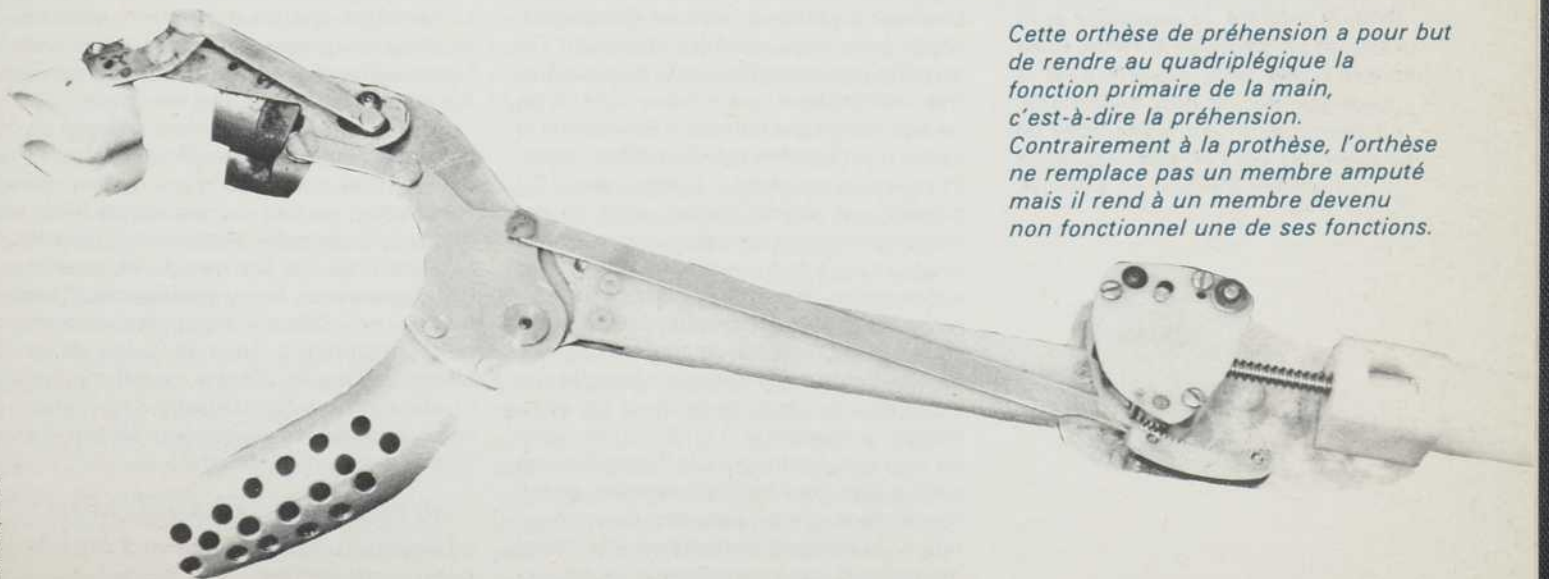
LA COURSE AU CERVEAU

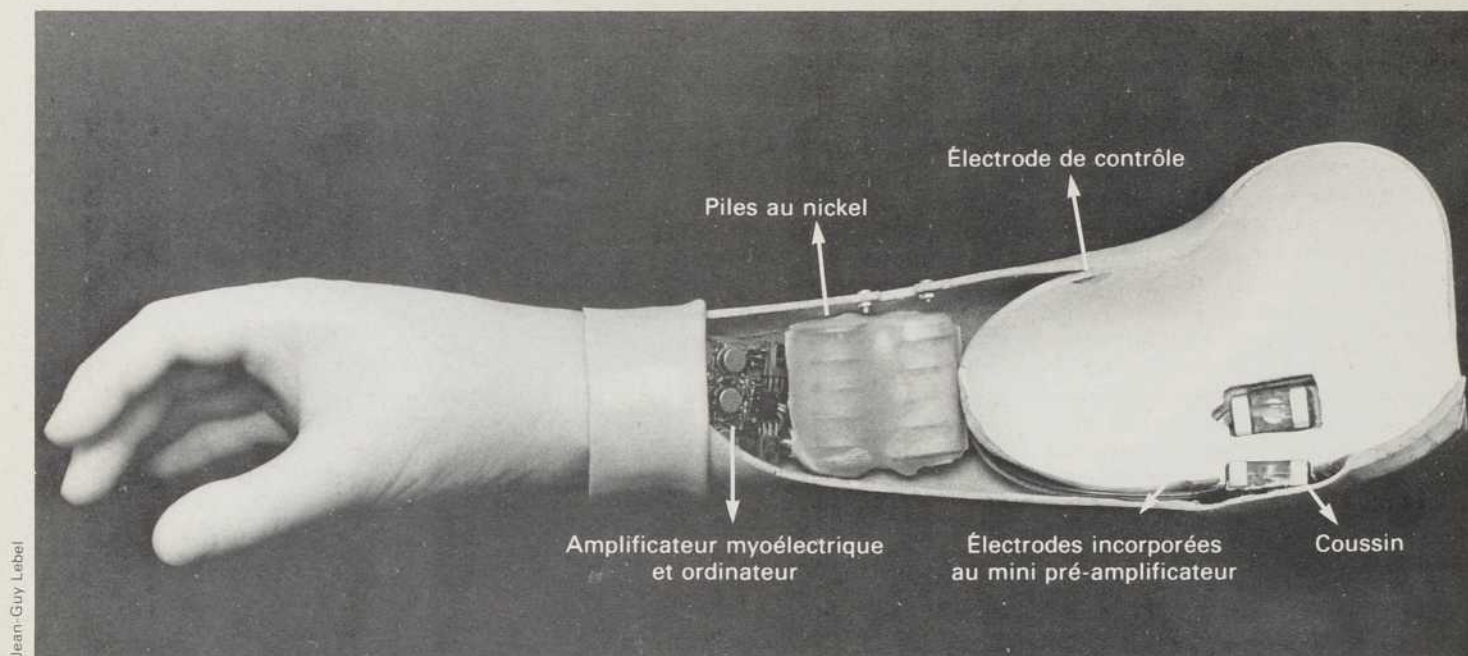
À ses débuts, la bionique soulève l'enthousiasme. Tout est possible. Il n'y a qu'à se baisser pour ramasser les brevets, véritable manne de la nature. On s'attaque tout de suite au système le plus complexe qui soit: le système nerveux humain. Hewitt D. Crane (un nom prédestiné!) réalise en 1960 des neurones artificiels, qu'on appelle d'abord *neuro-mimes*, puis *neuristors*. F. Rosenblatt, du laboratoire d'aéronautique de l'université Cornell, fit beaucoup parler de lui de 1957 à sa mort, survenue au milieu des années 60. Il prétendait avoir inventé un véritable modèle du cerveau humain.

Le *perceptron* était en fait une machine à apprentissage conçue comme un modèle des mécanismes de reconnaissance de configuration par l'être vivant. Un réseau de cellules sensorielles d'entrée y tenait lieu de rétine, une rangée d'association figurait les ganglions nerveux et l'organe de décision était comme un morceau du cortex cérébral. Comme tout cela représente un certain nombre de millions de cellules, il fallait simplifier. D'où l'idée suivante: au début de la vie, c'est *plus ou moins* au hasard que se développent les fibres nerveuses; on va ainsi admettre que c'est *totalemment* au hasard qu'il faut relier les cellules sensorielles aux cellules d'association.

Dès 1961, au moins 21 compagnies américaines avaient construit leur prototype de perceptron. On organisait des congrès. Ford produisait une pièce appe-

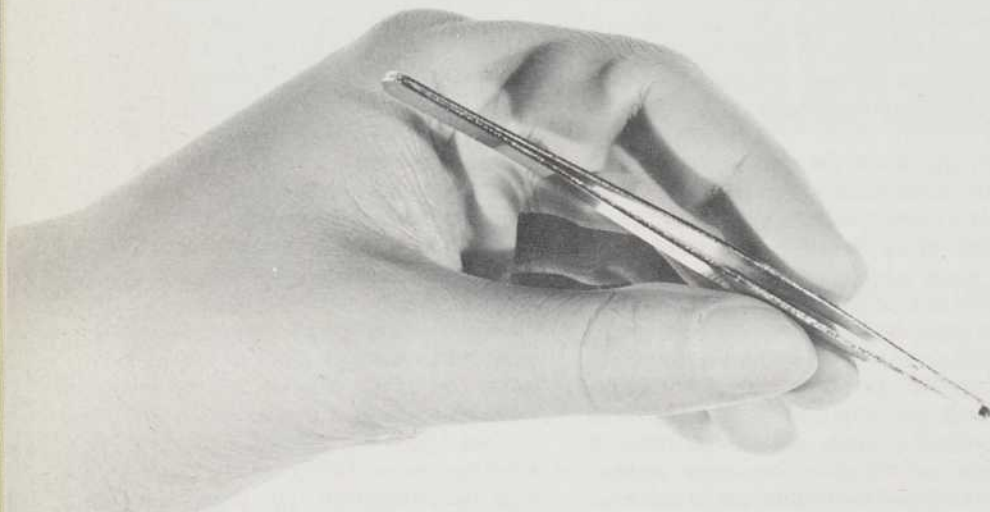
Cette orthèse de préhension a pour but de rendre au quadriplégique la fonction primaire de la main, c'est-à-dire la préhension. Contrairement à la prothèse, l'orthèse ne remplace pas un membre amputé mais il rend à un membre devenu non fonctionnel une de ses fonctions.





Jean-Guy Lebel

Cette prothèse à contrôle myoélectrique pour amputé de l'avant-bras a été mis au point par l'ingénieur Lozac'h. Le moteur, qu'on ne peut apercevoir, est placé dans le poignet.



Quand on déplace sa main vers un objet, la rapidité, la souplesse et la précision priment sur la force, mais une fois l'objet saisi, souvent c'est la force qui devient plus importante. La coordination entre ces types de mouvements est l'un des problèmes auxquels travaille M. Lozac'h.

lée MIND (Magnetic Integrator, Neuron Duplicator). Mais le rêve de Rosenblatt, copier le cerveau, s'est éteint avec lui. On en parle maintenant comme d'une tentative intéressante, mais naïve: quand on ne sait même pas comment fonctionne la vision il est prétentieux de vouloir l'imiter. Et même si on arrivait à construire 10^{11} composants électroniques dans seulement 15 centimètres cubes, comme on le prédisait il y a une vingtaine d'années, on aurait certes reproduit le nombre de neurones du système nerveux central, mais on laisserait toujours de côté les quelque 100 milliards de cellules de névroglie que comprend le cerveau et dont on commence à percevoir l'importance. Quoi qu'il en soit, les travaux de Rosenblatt ont permis des progrès importants en ce qui concerne la reconnaissance de configuration. Si certains ordinateurs identifient maintenant votre signature, c'est en par-

tie grâce à ces travaux de l'époque héroïque.

UNE LEÇON D'HUMILITÉ

Qui trop embrasse, mal étire. On s'est vite rendu compte, à vouloir saisir la nature à pleines mains, qu'elle s'échappait comme de l'eau entre les doigts. La bionique semble avoir déçu, ou laissé sur leur faim, des scientifiques qui ne demandaient qu'à quitter leur tour d'ivoire. On est de plus en plus réticent, et pas seulement à cause des exagérations de la télévision, à afficher ouvertement ses «convictions». On va jusqu'à éviter de prononcer le mot de bionique, même quand il est tout à fait de mise. Et dans un sens, la bionique, ce n'est pas et cela n'a jamais été une affaire scientifique respectable. C'est plutôt une science caméléon un peu en marge, portée par la vague libérale des années 60. Et le romantisme qui lui a donné naissance semble se mourir lentement dans des laboratoires où le conformisme et l'humilité retrouvent peu à peu leur place.

On en fait toujours, mais on ne le dit plus. Bien sûr, on retrouve encore, au fil des articles, des comptes rendus de recherches portant sur les sujets bioniques «traditionnels». Ainsi, le dauphin et la chauve-souris, les rats de laboratoire des bioniciens font régulièrement les manchettes. Mais il n'y a rien de bien neuf, semble-t-il, sous le soleil de la bionique. Depuis dix ans, le rythme des publications scientifiques originales semble avoir sérieusement fléchi. La bionique aurait-elle changé de nom?

AU SERVICE DES HANDICAPÉS

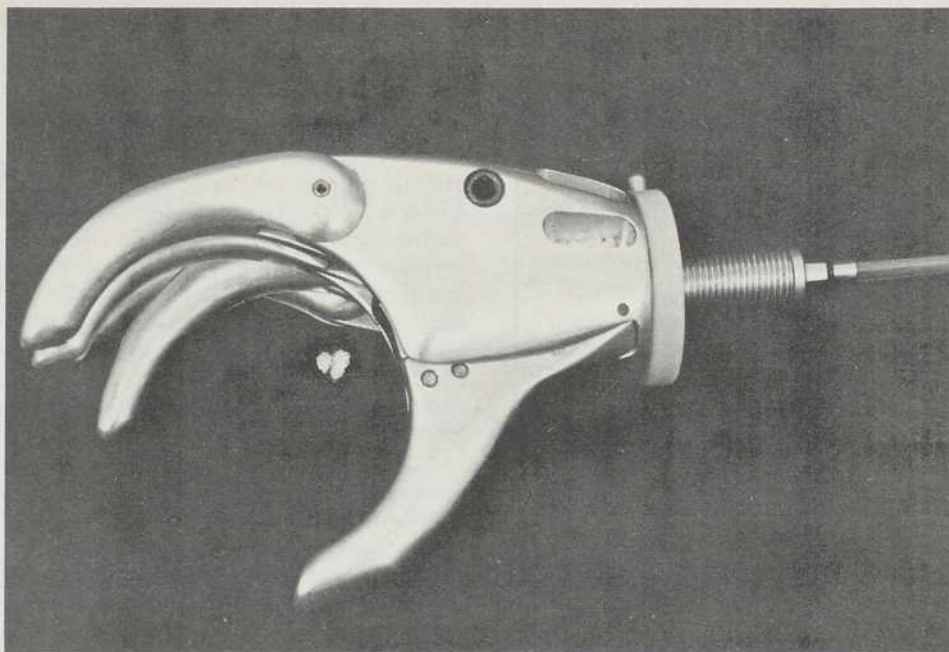
La bionique n'a pas réellement changé de nom, mais semble avoir concentré ses

recherches dans le domaine du génie biomédical. C'est d'ailleurs bien à celui-ci que l'on pense, lorsqu'on évoque la bionique, ne serait-ce qu'à cause des fameuses émissions de télévision qui nous ramènent inlassablement aux prothèses auditives et visuelles du super-homme et de la super-femme, ainsi qu'au supplément de puissance musculaire que leur confère la bionique. Mais ces êtres mirobolants n'existent pas, et la réalité est plus prosaïque. Il s'agit de suppléer, par la micro-électronique et la mécanique sophistiquée, certains organes de personnes handicapées physiques. Les progrès sont énormes, mais dans tous les cas on est loin d'égaliser les performances de l'organe naturel manquant ou détruit, avec sa sensibilité, sa précision et sa complexité subtile.

La réalisation la plus connue du génie biomédical, c'est la main articulée, ou myoélectrique. C'est Norbert Wiener (encore) qui en avait posé le principe vers 1962. Puis de nombreuses équipes s'y sont attaquées. Les Russes présentaient un des tout premiers modèles, d'un fonctionnement délicat. Depuis, de grands progrès ont été accomplis. Certains modèles expérimentaux sont maintenant pourvus de ce qu'on peut appeler une «sensibilité» embryonnaire: les premières boucles de rétroaction ont fait leur apparition. Cela signifie que la vision n'est plus absolument nécessaire pour le contrôle final de la prise. Mais voyons brièvement le fonctionnement de cette main.

Supposez un instant que vous soyez amputé au niveau du poignet ou de l'avant-bras. Vous possédez toujours les muscles fléchisseurs et extenseurs des doigts. Ceux-ci, au cours de leur contraction, sont le siège d'un courant d'action qui peut être enregistré: c'est l'électromyogramme. Les potentiels sont proportionnels à la contraction et constituent un signal qui peut être capté, amplifié et converti en mouvement mécanique. Une électrode est simplement disposée à la surface de la peau. Pratiquement, la flexion et l'extension sont les deux seuls mouvements possibles, mais ce seront des mouvements que vous ferez réellement *volontairement*. De rares modèles de main artificielle vont jusqu'à quatre mouvements, mais cela pose de nombreux problèmes, dont celui du poids de la prothèse. Une avenue possible qu'on explore activement: l'utilisation d'un micro-ordinateur intégré, avec mouvements pré-programmés.

Au Québec, un seul chercheur travaille au perfectionnement du système myoélectrique, le professeur Yves Lozac'h, du Centre de réadaptation de Montréal (voir *Québec Science*, juillet 1976). Il l'a jusqu'à maintenant expérimenté sur plus d'une centaine de sujets. C'est grâce à lui largement si le Québec maintient une compétence minimale dans ce domaine.

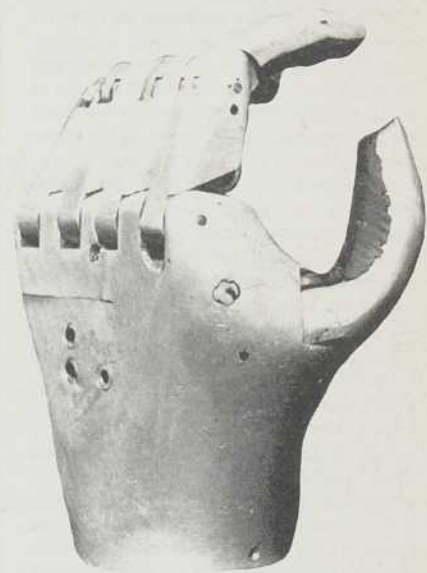


Jean-Guy Lebel

Le professeur Lozac'h travaille actuellement sur un problème important, dont la solution devrait améliorer considérablement l'efficacité des prothèses de main. Il s'agit de faciliter le passage d'un mouvement rapide, exigeant peu de force, à un mouvement lent mais exigeant beaucoup plus de force, et vice versa. Quand on fait le mouvement de saisir un objet, la rapidité, la souplesse et la précision priment en effet sur la force, tandis qu'une fois l'objet saisi, la force primera souvent, puisqu'il s'agit de déplacer l'objet. Une coordination insuffisante entre ces deux mouvements peut devenir frustrante pour l'utilisateur handicapé qui s'aspergera de café en écrasant son verre de carton. À l'aide de capteurs placés au bout des «doigts», on crée une boucle de rétro-action qui permet à l'handicapé d'évaluer instantanément la pression à exercer sur l'objet, et donc d'adapter sa préhension. Depuis quelques années, on utilise des «convertisseurs de vitesse à force», mais ces appareils allourdissent considérablement les prothèses. Le Pr Lozac'h travaille à miniaturiser ces appareils de façon à les rendre pratiques et légers.

VISION PAR CÂBLE

Pour des développements plus spectaculaires, il faut se tourner vers les États-Unis, ou notamment le Japon, où plusieurs équipes travaillent d'arrache-pied. À l'Université de l'Utah, à Salt Lake City, les recherches semblent particulièrement avancées. Pour l'équipe d'avant-garde qui travaille là-bas avec de gros budgets, l'avenir est au développement de prothèses qui imitent le plus possible les organes humains. Les réalisations sont impressionnantes: un bras myoélectrique, qu'on dit être le meilleur, un rein artificiel portatif, l'implantation cochléaire, qui restitue une partie de l'audition. Aucune



La souplesse, la précision et une légèreté relative caractérise la main artificielle que l'on connaît maintenant.

EN S'INSPIRANT DE LA NATURE

Voici quelques exemples
de propriétés naturelles qui ont fait
— ou qui pourraient faire —
l'objet d'applications par l'homme:

Le moteur au collagène

L'Israélien Katchalsky se demandait comment les boyaux de chat se contractaient inlassablement. Il y trouva une protéine, le collagène, disposée en forme de ressort à boudin. Mise dans une solution de bromure de lithium, elle se contracta jusqu'à soulever mille fois son poids. Lavée, elle se détend aussitôt, sans trace d'usure. D'où ce moteur très simple et pratiquement inusable: une courroie de collagène passe dans deux bacs, l'un de bromure de lithium, l'autre d'eau pure, se contracte dans le premier, se détend dans le second et fait tourner des cylindres.

Du sonar au radar

L'abbé Spallanzani, zoologue de Padoue, suppose dès 1793 un «sens inconnu» aux chauves-souris. Cuvier se moque de lui et on l'oublie. Deux mois après le naufrage du Titanic, Maxim, l'inventeur de la mitrailleuse, écrit dans le *Scientific American* que «si nous avions un système comparable à celui de la chauve-souris, qui se dirige d'après les échos qu'elle reçoit aux cris qu'elle lance, le «Titanic» aurait détecté l'iceberg, et la catastrophe aurait été évitée. «Trois ans plus tard, Langevin invente le sonar, qui émet des ultrasons dans l'eau. Inapplicable dans l'air, il conduit cependant à l'invention du radar.

L'art du brouillage

Les moustiques peuvent détecter le radar de la chauve-souris à l'aide de deux membranes situées de part et d'autre du thorax. L'insecte sait qu'il est localisé avant même que l'écho ne revienne au chasseur. Dans les cas de danger extrême, certains moucherons bien pourvus par la nature, frottant l'une contre l'autre deux lamelles de leur abdomen, émettent des ondes qui perturbent celles de la chauve-souris. Ces ondes de brouillage signifient à peu près: *Inutile de me poursuivre, je ne suis pas comestible.* L'expérience démontre en effet que si, malgré le brouillage, la chauve-souris gobe le moucheron, elle le recrache aussitôt. Nos systèmes de brouillage, est-il besoin de le préciser, n'approchent pas encore cette perfection.

de ces prothèses n'est nouvelle en soi, mais le degré de sophistication des organes artificiels de l'équipe de Salt Lake City est très élevé. Arrêtons-nous au programme de vision artificielle.

On avait découvert en 1968 qu'un aveugle pouvait percevoir des taches de lumière, appelées phosphènes, si le centre de la vision, situé à l'arrière du cerveau, était stimulé électriquement. Ces taches sont habituellement brillantes, mais quelquefois verdâtres, rouges, ou blanc bleu. Alors des chercheurs américains se sont demandé s'il ne serait pas possible de dessiner des images dans le cerveau à l'aide de phosphènes.

Il y a quatre ans se présentait un volontaire, du nom de Craig, rendu aveugle par un coup de fusil. On a tout simplement fabriqué un «chip» de téflon de 13 centimètres carrés et on y a fixé 64 électrodes. Ensuite de quoi on sépara les deux hémisphères du cerveau de Craig pour exposer le centre de la vision, on y déposa la plaquette et on remit le tout en place.

Craig se retrouvait avec une prise de courant sur le côté droit du crâne. Si on le branche à un ordinateur et celui-ci à une caméra de télévision qu'on dirige vers une image simple, il peut «voir» cette image. Il peut même lire des phrases en braille. Et plus rapidement qu'avec ses mains. Mais la technique ne sera vraiment au point que lorsqu'un aveugle pourra se diriger en toute sécurité dans la rue. Pour cela, on prévoit fabriquer une caméra de télévision miniaturisée montée sur lunettes; l'appareillage électronique sera porté à la ceinture. Les 64 électrodes contenues dans le cerveau de Craig ne produisent que 42 phosphènes; la prochaine étape: 256 phosphènes, qui permettront de distinguer une silhouette. Puis, on ira jusqu'à 500 phosphènes. Jusqu'à la vision? Jusqu'à une reconstitution artificielle de la vision naturelle, qu'on espère atteindre un jour. Mais encore faut-il souligner qu'on en est très loin pour l'instant.

LE ROBOT PENSANT

«Bionique, c'est une mauvaise expression. Ça a du spectaculaire, mais à mon sens c'est un échec au point de vue scientifique.» Ce jugement sévère de M. Fernand Roberge, directeur intérimaire de l'École de génie biomédical de l'Université de Montréal, est partagé par un nombre croissant de chercheurs. Les solutions trouvées par la nature sont certes admirables, mais on considère maintenant qu'il est non seulement préjudiciable, mais inutile de chercher à les copier lorsqu'on a déjà des solutions naturelles acceptables. On a donc tendance aujourd'hui à se fixer des objectifs beaucoup plus immédiats en bionique. Comme le dit le professeur Lozac'h, «on n'essaie pas de copier ce que la

nature a fait, mais d'améliorer ce qui existe actuellement.»

La vérité, c'est qu'on connaît mal les systèmes biologiques. Les solutions techniques, elles, sont parfaitement comprises puisque créées de toutes pièces par l'homme dans un but bien précis. Adopter les solutions naturelles telles que nous les comprenons, c'est se condamner à n'adopter que des images très grossières de la réalité. Il vaut mieux, croit-on, prendre d'autres voies, contourner les difficultés, inventer plutôt que copier servilement. En ce sens, la bionique apparaît à plusieurs comme une limite imposée à l'imagination créatrice.

Il faut prendre conscience, cependant, que le mythe de l'homme bionique est au cœur même du débat et inspire une partie de ces réflexions. Les jugements «scientifiques» arrivent mal à masquer une réprobation d'ordre moral à l'égard de toute la science bionique. On répugne à penser que l'homme ne soit plus qu'un «robot pensant» et on étouffe cette conception en la qualifiant de «science-fiction». Plus simplement, bien des chercheurs disent qu'ils n'ont «pas de temps à perdre à ces futilités». Mais ces «futilités» ont des implications trop grandes pour qu'on les ignore. Le rêve de donner vie à la machine est tellement au cœur de l'aventure humaine, de son désir prométhéen, qu'il ne peut que se poursuivre. Avec quelles priorités et à quel rythme, cela reste à déterminer. L'homme bionique n'existe pas, mais la bionique est parmi nous.

Pour en lire plus:

Quelques livres de vulgarisation:

Lucien Gérardin, *La bionique*, Hachette, collection L'Univers des connaissances, Paris, 1968

I. Mironov, *La bionique, les ingénieurs à l'école de la nature*, éditions Mir, collection Sciences pour tous, Moscou, 1970

Vincent Maiteka, *Bionics*, J.-B. Lippincott Co., New York et Philadelphie, 1965

Quelques études plus poussées:

Mikhail Lvovich Tsetlin, *Automation Theory and Modeling of Biological Systems*, 1973

Polska Akademia Instytut Automatyki, *Bionics, a Nervous System as a Control System*, New York, 1971

Otan, Groupe consultatif pour la recherche et le développement dans le domaine aérospatial, *Principles and Practice of Bionics*, Symposium de Bruxelles, 1970



SOCIÉTÉ
DE RECHERCHES
SCIENTIFIQUES
INC.

ENTREPRISE QUEBÉCOISE A LA MESURE DES NATURALISTES QUÉBÉCOIS

SERVICES OFFERTS:

- Librairie spécialisée en sciences naturelles, la plus complète au Canada.
- Matériel de récolte, de collection et d'étude en sciences naturelles.
- Service complet de taxidermie.
- Cartes topographiques.
- Cours d'éducation populaire: Botanique, ornithologie, mammalogie, ichtyologie, entomologie, minéralogie, géologie du Québec, cartographie et boussole, technique de récolte en sciences naturelles, taxidermie.
- Pour les membres: local et équipement mis à leur disposition, 7 jours par semaine - 10% d'escompte sur les livres et le matériel

S.V.P. me faire parvenir

- Catalogue de livres et matériel scientifique (gratuit)
- Index des cartes topographiques (gratuit)
- Prospectus de NABEC (gratuit)
- Carte de membre (\$5.00)

Nom
Adresse
Tél.
Signature

Date de naissance

/ /

Date

S.R.S. NABEC INC. - 4057 Ste-Catherine est, Montréal, Qué. H1W 2G9 — Tél. (514) 523-3945

LE DRAP QUI RÉSISTE À LA SCIENCE

Scruté à la loupe,
le Saint-Suaire garde encore son secret



par Luc Chartrand

Les papes sont des hommes sages. Si, depuis Sixte V en 1470, 21 d'entre eux se sont dits convaincus de l'authenticité du Saint-Suaire, tous se sont bien gardés d'émettre une position officielle de l'Église en ce sens. Et pour cause. Il y a maintenant 600 ans que la discorde persiste au sein de la chrétienté entre les partisans du «vrai» et du «faux» linge sépulcral du Christ. Aujourd'hui, on fait appel à toute une batterie de disciplines scientifiques pour démontrer l'une ou l'autre thèse.

En 1903, on recensait déjà 3500 études publiées sur l'étoffe de Turin. Le nombre n'a pas cessé d'augmenter. L'étude du drap sacré serait même devenue une science, la «sindologie», avec ses congrès internationaux et une revue, *Le Sindon*, dans laquelle sont publiées les polémiques sur le linge litigieux.

Depuis cinq ans, une équipe de chercheurs de l'armée américaine, disposant de l'équipement le plus moderne qui soit, s'est mise de la partie. Ils se livrent depuis octobre dernier à une série d'expériences qui ne pourront bien sûr démontrer que le linge de Turin a été en contact avec le Christ, mais on espère au moins découvrir s'il s'agit d'un faux élaboré au moyen-âge — comme plusieurs le soupçonnent — où s'il date réellement de l'époque du Christ.

Si tant d'incertitude entoure encore cette affaire, c'est un peu parce que la sindologie recrute souvent des esprits plus passionnés que rationnels. On imagine facilement les positions enflammées que susciterait dans mille ans la découverte de la cravate de Sun Myung Moon par un de ses disciples.

Dans le cas du suaire de Turin, la marge d'erreur est certes beaucoup moins élevée. Le mort imprimé couleur «brun sépia» sur cette bande de tissu mesurant 4,20 m par 1,05 m, est un crucifié. Remarque encore plus frappante: son front porte des traces d'une blessure qui aurait pu être infligée par une couronne d'épines. De plus, le cadavre a été crucifié avec des clous, porte des marques de flagellation et une «blessure de lance» entre la cinquième et la sixième côte. Cette concordance de faits, étrange il est vrai, a donné lieu à des tentatives empressées de faire la preuve par la loi de la probabilité. Le jésuite Paul de Gail, sindologue de réputation dogmatique, calcule que les chances pour que se rencontrent toutes ces caractéristiques chez un crucifié — à commencer par l'ensevelissement — sont de l'ordre d'une sur 225 milliards!

Le calcul est douteux, surtout si l'on considère que de Gail évalue «modestement» à une chance sur 10 000 la possibilité de rencontrer une telle «transcendance» chez un visage humain. De plus, le jésuite prend pour acquis qu'il se

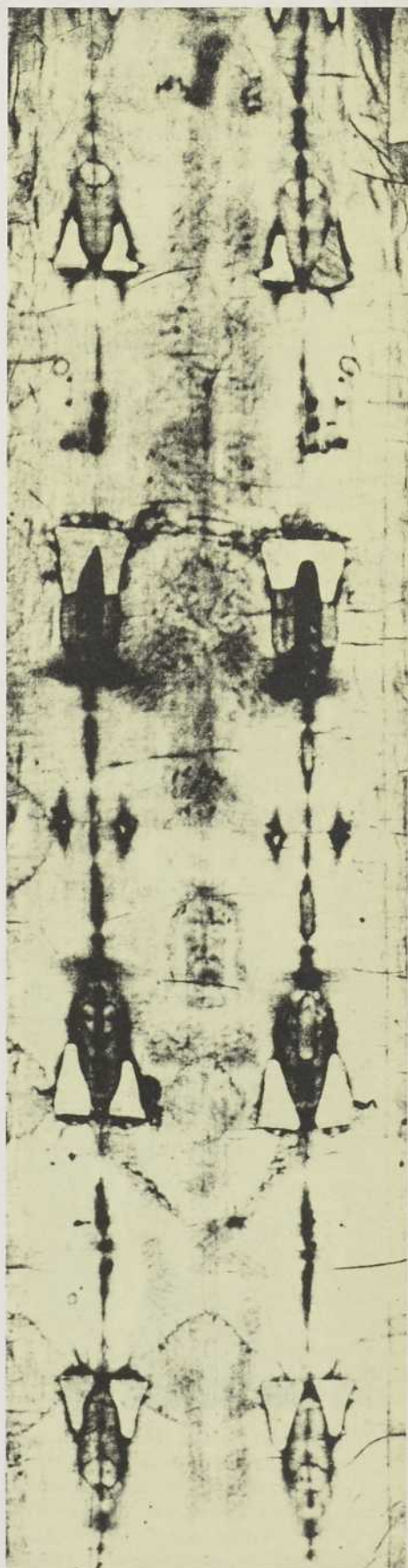
Le Saint-Suaire, bande de tissu de 4,20 mètres par 1,05 mètre, tel qu'on peut le voir lorsqu'il est exposé dans la cathédrale de Turin.

La moitié du linge touchait le dos, l'autre moitié touchait le devant.

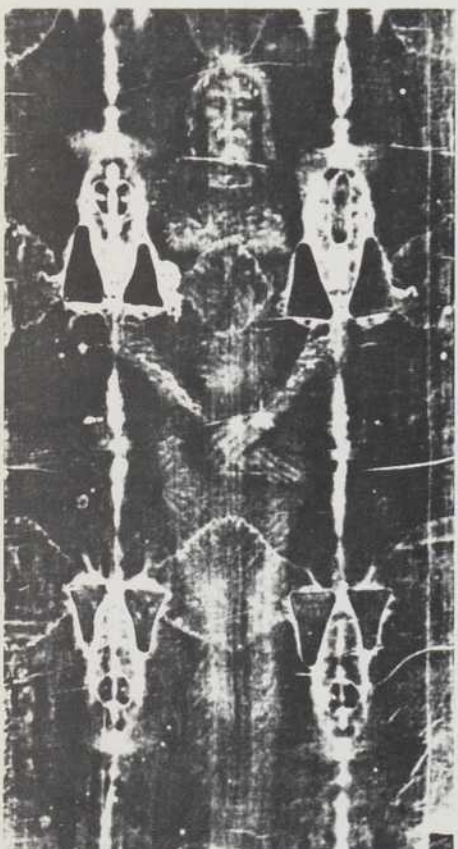
Cette peinture, du peintre Giulio Clovio della Rovere, datant du 16e siècle, montre la façon dont le corps du Christ aurait été placé entre les deux moitiés du linceul. Les empreintes, tant dorsales que frontales, sont imprimées sur un seul côté du linge.



Les films Don Bosco



Les films Don Bosco



Les films Don Bosco

Partie du Saint-Suaire sur laquelle est reproduite le devant du corps. En haut, le linceul lui-même; en bas, la copie de celui-ci, c'est-à-dire le film positif comme celui qu'a pu obtenir un photographe en 1898.

trouve en présence d'un authentique suaire de l'époque du Christ. Quelques données historiques permettent de refroidir ce jugement.

13 SIÈCLES D'ÉCLIPSE

En 1356, Geoffroy de Charny, seigneur de Lirey en France, offrit une bande de drap portant l'effigie du Christ aux chanoines de l'église locale. Personne ne sait d'où venait le tissu; on ignore même si Geoffroy le considérait comme une relique ou une simple reproduction. Les chanoines l'exposèrent quand même comme LE Suaire.

Cette apparition du drap dans l'histoire survient à une époque obscure. Le moyen-âge a donné naissance à un véritable commerce de reliques chrétiennes. Dès le 8e siècle, le vol d'objets de culte pour fins de contrebande était devenu pratique courante au Moyen-Orient. Au 13e siècle, la demande européenne dépassait à un tel point l'offre de reliques qu'on se mit à fabriquer des faux. Une certaine naïveté amena des croyants à acheter des cheveux de la Sainte-Vierge, l'or des rois mages, des lettres signées par le Christ et même, une «dent de lait de Notre-Seigneur»! Ce contexte n'est pas sans soulever des doutes sur l'origine de la relique acquise par les prêtres de Lirey, d'autant plus qu'on ne dispose d'aucun témoignage certain sur son existence, qui soit antérieur au 14e siècle. Si le drap avait fait son apparition en France 1 300 ans après la mort du Christ, il fallait bien qu'on l'ait conservé quelque part. Mais où?

Les premières allusions historiques à l'existence de linges funéraires sacrés remontent à l'an 1150. À cette époque, on commença à rédiger en Europe des «lettres excitatoires» destinées à encourager les chevaliers à prendre le chemin des croisades. Certaines de ces lettres font grand étalage des reliques se trouvant à Constantinople aux mains des «infidèles». Toutefois, les descriptions des nombreux linceuls supposément gardés dans cette ville correspondent peu à celle de l'étoffe aujourd'hui exposée à Turin.

En 1204, Constantinople tombe aux mains des Croisés qui se livrent au pillage. Un grand nombre de reliques prennent alors le chemin de l'Occident chrétien. Le Saint-Suaire était-il parmi celles-ci? Nombreux sont ceux qui en doutent car nulle part dans les archives et catalogues des trésors ramenés des croisades, ne trouve-t-on la trace du Suaire. Il y a donc un «trou» — inexplicable compte tenu de l'importance de la relique — de 13 siècles dans l'histoire du linceul.

Loin de se simplifier, les choses se compliquent à l'arrivée du Suaire à Lirey. Son ostension fut condamnée par l'évêque de Troyes, Henri de Poitiers, car disait-on, «on connaissait le peintre de la

relique». Plus tard, l'antipape d'Avignon, Clément VII, accorda la permission d'exposer le linge à condition qu'on mentionne «ceci n'est qu'une reproduction du Suaire».

Au début du 15e siècle, Marguerite de Charny, petite fille de Geoffroy 1er, récupéra le linge. À cette époque, un incendie faillit le détruire. On évalue aujourd'hui que le drap fut, à cette occasion, exposé à une température de près de 300 degrés. Il s'en tira toutefois, avec quelques trous.

Suivant une série de déplacements connus, le Saint-Suaire arriva à Turin au 16e siècle pour y rester. L'affaire n'aurait probablement jamais connu de rebondissements si la science n'était pas venue y mettre son nez.

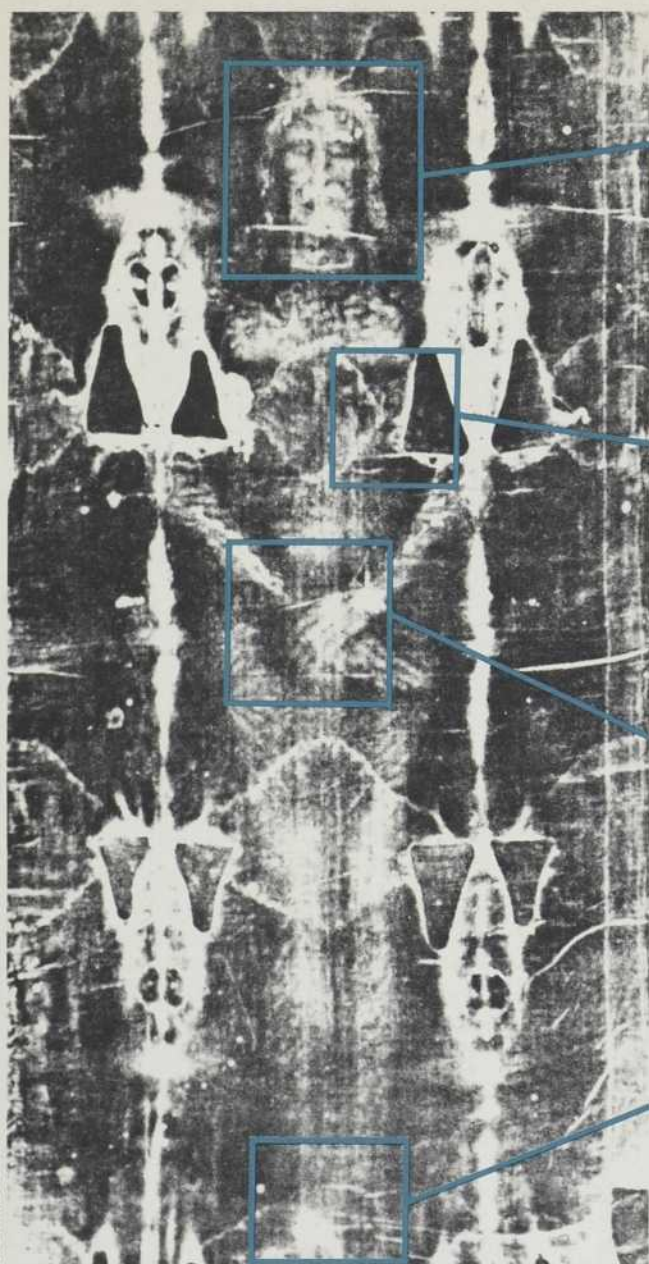
UNE PHOTO D'IL Y A 2 000 ANS

En 1898, un photographe prenait quelques clichés de l'image sainte. À sa grande surprise, la plaque sensible, plutôt que de montrer un négatif, révélait un portrait positif du présumé Christ. Comment, au moyen-âge, un faussaire aurait-il pu songer à produire un négatif? Cette notion n'était même pas connue à l'époque.

C'est avec un intérêt renouvelé que les recherches reprirent. Les indices tendant à prouver l'authenticité de la relique se sont accumulés. On y a identifié des taches de sang et d'urine. De plus, les études médicales soulèvent des objections originales à la «théorie du faussaire». Dans une analyse détaillée des caractéristiques anatomiques du Suaire, le docteur Pierre Bardet notait en 1948 que contrairement à toute l'iconographie religieuse, ce sont les poignets et non pas les mains du crucifié de Turin qui avaient été perforés par des clous. La crucifixion ayant été abandonnée à la chute de l'empire romain, on imagine mal comment un faussaire du 14e siècle aurait pu savoir qu'on clouait les condamnés aux poignets plutôt qu'aux mains, trop fragiles pour supporter le poids du corps.

Une grande question demeure: comment a-t-on réussi à obtenir un négatif, une véritable photographie, il y a 2 000 ans? On a longtemps retenu l'hypothèse de la «vaporographie», développée par le biologiste Paul Vignon en 1937. L'urine, la sueur et les vapeurs ammoniacales dégagées par le corps, réagissant avec l'aloès et la myrrhe employés lors de l'ensevelissement, auraient pu former l'image. On n'a toutefois jamais réussi à reproduire l'effet de façon concluante lors d'essais en laboratoire. Par ailleurs, les sources évangéliques (les seules) sur la méthode d'ensevelissement sont imprécises et contradictoires. Peut-être ignore-t-on certains détails importants sur les produits ayant pu entrer en contact avec le corps.

En 1977, un premier rapport des syndologues américains concluait que l'image ne pouvait avoir été peinte.



Couronne d'épines



Coup de «lance»



Marque des clous dans les poignets



Marque des clous introduits dans les pieds

Le corps imprimé sur le linceul, celui d'un crucifié, apparaît encore plus clairement sur cette image positive que l'on obtient en photographiant le linceul. Chacune des photos de droite nous montre les traces de blessures telles qu'elles apparaissent sur le linceul.

Aucune peinture connue à l'époque n'aurait pu résister au feu sans que l'image ne soit fatalement altérée. Le chimiste Ray Rogers émet alors la théorie du «roussissement»: l'image aurait pu être produite par une source intense de chaleur ou de lumière et marquer le tissu à la manière du fer à repasser qu'on a oublié sur un vêtement. L'hypothèse qui n'a pas encore été démontrée profite aux deux parties. Certains y voient l'effet de la «lumière résurrectionnelle», d'autres l'effet du contact avec une statue chauffée au rouge...

LE POLLEN DE JÉRUSALEM

Autre indice récent. Le docteur suisse Max Frei qui a analysé le pollen retenu par les fibres de lin écrit: «Mon analyse

des grains de pollen a été confirmée par le microscope électronique... J'ai prélevé sur le Suaire plus d'une douzaine de grains de pollen appartenant à des plantes qui croissent à Jérusalem et dans les déserts avoisinants. Ces plantes ne poussent qu'au Proche-Orient.»

Cette donnée, associée aux expertises qui associent le tissu du Suaire à celui employé au Moyen-Orient il y a 2000 ans, porte un dur coup aux tenants de l'hypothèse du faux. Forte de cette nouvelle assurance, l'Église vient de donner son accord pour qu'on soumette la relique à une enquête scientifique plus approfondie. L'équipe américaine dirigée par le physicien John Jackson et l'ingénieur Eric Jumper, a déjà réussi à produire une photographie tridimensionnelle de l'hom-

me de Turin grâce aux procédés ayant servi à l'étude du relief de la planète Mars.

Les rayons X, les rayons infrarouges et ultraviolets, le spectrographe et même le bombardement aux neutrons seront employés pour tenter d'identifier les produits chimiques contenus dans le drap. Si les autorités religieuses donnent leur accord, on pourra enfin amputer le linge de quelques fibres et procéder à une datation au carbone-14 pour la première fois. Les résultats de toutes ces savantes expertises seront probablement dévoilées d'ici un an. Mais on imagine mal comment on pourra conclure à autre chose qu'à une probabilité accrue ou réduite du contact du linge avec le Christ.

La dernière trouvaille dans cette affaire va à un muséologue et illusionniste américain, Joe Nickell. Il aurait trouvé le truc employé par un faussaire. Procédé simple mais intéressant: on recouvre un bas relief d'un linge mouillé et lorsqu'il est sec, on le frotte avec un pigment composé d'aloès et de myrrhe. Les images obtenues par Joe Nickell et publiées dans la revue *The Humanist* en décembre 1978, sont d'une qualité et d'une couleur identiques à celles du «suaire». De plus, le procédé offre une image qui résiste à l'eau et à la grande chaleur.

Le débat va donc reprendre de plus belle. Pour le profane qui, une telle énergie soit investie dans cette polémique séculaire peut sembler déraisonnable. Pour l'Église, le suspens n'est pas dénué d'intérêt. On assiste aujourd'hui à un regain de foi dans le christianisme, axé sur le retour aux sources. La recherche des vestiges chrétiens est même en train de donner naissance à un nouveau genre littéraire et cinématographique, le «thriller» religieux. Le livre *Act of God* sur la découverte des ossements du Christ et la série télévisée *The Word* portant sur la découverte d'un chapitre inédit du Nouveau Testament, sont devenus des œuvres à succès aux États-Unis.

Même si la sindologie ne risque pas d'apporter autre chose à la connaissance humaine que l'identification d'une pièce de drap, l'objet de ses recherches excite l'imagination. À ce titre, on a peut-être intérêt à faire durer l'énigme jusqu'au jugement dernier.

Les films Don Bosco



**Lois
multiplie
ses
exemples
de
beauté.**

Ces quatre
nouvelles
coupes, modèles
de la collection
d'été 1979
ajoutent à ce qui
se porte bien
durant une
saison
qui vous va déjà
à merveille.



Quand le Jeans se fait beau!

Lois
JEANS & JACKETS

LIVRE VERT

À LA RECHERCHE D'UN SCÉNARIO

Les acteurs de la recherche scientifique
sont en place
Reste à venir: le scénario

par Jean-Marc Fleury

Les acteurs de la scène québécoise de la recherche scientifique ne trouveront pas de scénario à suivre dans le récent livre vert *Pour une politique québécoise de la recherche scientifique*. Mais, au moins, ils trouveront la liste et une définition claire et précise des personnages, ce qui n'existait pas auparavant.

En effet, pendant qu'ailleurs — et en particulier dans les autres provinces canadiennes — les gouvernements en sont rendus à stimuler des domaines technologiques précis, le Québec en est encore à l'étape de la définition des «conditions de base», des «assises» et des «préalables» d'une véritable politique de la recherche scientifique. Car, comme le reconnaît le livre vert, son objet n'est pas d'indiquer quels champs d'innovation technologique devraient être soutenus en priorité afin de brancher au moins une partie du développement économique québécois sur le moteur scientifique et technique. Son but est beaucoup plus humble, il veut d'abord affirmer, et il le fait avec une vigueur sans précédent, que l'histoire de la recherche scientifique québécoise comprendra désormais trois acteurs, au lieu du seul secteur universitaire. La scène scientifique devra compter avec le gouvernement et l'industrie. Le rôle de suppléance à la recherche gouvernementale et industrielle que jouaient les universités au Québec devrait cesser puisque le gouvernement affirme sa volonté de voir la recherche universitaire revenir à son rôle traditionnel de facteur d'enrichissement de l'enseignement et de la vie culturelle. Comparé à celui de la version préliminaire — dont *Québec Science* a fait état en décembre dernier — le ton s'est radouci à l'endroit du secteur universitaire, mais le message est le même: si les universitaires désirent s'occuper de problèmes



socio-économiques et industriels, ils seront invités à le faire en dehors des cadres de l'université, soit en se joignant directement au gouvernement ou à l'industrie, soit en œuvrant dans de nouveaux instituts publics de recherche.

Ces instituts constituent l'une des plus importantes assises de la véritable politique québécoise de la recherche scientifique à venir. Le livre vert dit qu'ils seront exclusivement voués à la recherche en fonction de problèmes et non de disciplines scientifiques. Il semble pencher en faveur d'une grande souplesse quant à la façon de les mettre sur pied et à leur mode de fonctionnement, même s'il voudrait que les instituts répondent à un ministre sectoriel ou à une commission rattachée au nouveau ministre de la Recherche et de la Technologie. Les instituts constitueraient un lieu privilégié de collaboration entre l'industrie, le gouvernement et l'université, les chercheurs de ces trois secteurs pouvant être rattachés à un institut de façon temporaire. Bien que le livre vert ne soit malheureusement pas assez explicite à cet égard, on doit espérer que si ces instituts s'attaquent à des problèmes, le gouvernement fera en sorte qu'ils seront obligés de répondre à ceux qui sont aux prises avec ces problèmes. Par exemple, un institut de recherche sur les pêcheries devrait répondre aux pêcheurs, un institut sur la forêt aux sociétés forestières, et un autre concerné par le sirop d'érable devrait avoir des comptes à rendre aux producteurs de sirop d'érable, etc. C'est uniquement de cette façon que l'on peut s'assurer de la pertinence et de l'utilité des recherches entreprises dans les instituts ou, en un mot, de résoudre ce problème capital de toute politique scientifique et technologique qui consiste à relier l'offre à la demande. Obliger les instituts à répondre d'abord à des ministères ou à une superstructure chapeautant tous les instituts risquerait de créer une nouvelle chapelle ou une autre tour d'ivoire.

PREMIÈRES RÉACTIONS

Il faudra sans doute attendre encore quelques mois avant que l'ensemble de la communauté scientifique québécoise commente en profondeur le contenu du livre vert et qu'un certain consensus se dégage. En attendant les grands débats publics promis par le ministre Camille Laurin à l'automne prochain *Québec Science* peut quand même se faire l'écho de quelques commentaires. La plupart des personnes interviewées, même si elles n'avaient pas terminé l'étude du document, avaient tout de même pris connaissance de la partie qui les concerne directement. C'est le cas des gens de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) puisque le livre vert recommande le démantèlement de l'Institut. Le lendemain de la parution du livre vert, les



chercheurs de l'INRS-Énergie, en particulier, ont parlé de «coup bas» et d'«une sorte de règlement de compte des institutions universitaires traditionnelles à leur endroit». Rejoint quelques jours plus tard, le directeur scientifique de l'INRS, M. Germain Gauthier, précisait que, bien qu'assez vive, c'était une «première réaction». «Maintenant nous allons nous livrer à une étude sereine de l'ensemble du livre vert, sans animosité, sans panique, a-t-il dit. Nous avons mis sur pied un groupe de travail et nous présenterons notre mémoire en juin. Nous ne voulons pas fausser le débat car si la discussion se polarise autour de l'INRS il n'y aura pas de débat d'ensemble».

«La première chose qui nous intéresse, dit M. Gauthier, c'est la notion de recherche universitaire contenue dans le livre vert. Nous la trouvons un peu simpliste». Le directeur scientifique de l'INRS lui reproche de catégoriser la recherche universitaire purement en fonction d'une finalité éducative. Or, elle peut être beaucoup plus que cela. Et il cite l'exemple des «Land-Grant Colleges» américains, dotés d'importantes subventions afin d'effectuer de la recherche pour le développement régional, en particulier le développement agricole. Par ailleurs, il trouve extrêmement intéressant le principe des instituts publics de recherche «qui a des chances de réussir à susciter des collaborations intersectorielles (université-gouvernement-industrie) dans la mesure où l'on procédera habilement. Quelques centres de l'INRS pourraient même prendre place parmi ces instituts», ajoute-t-il.

LA QUESTION DU CHERCHEUR

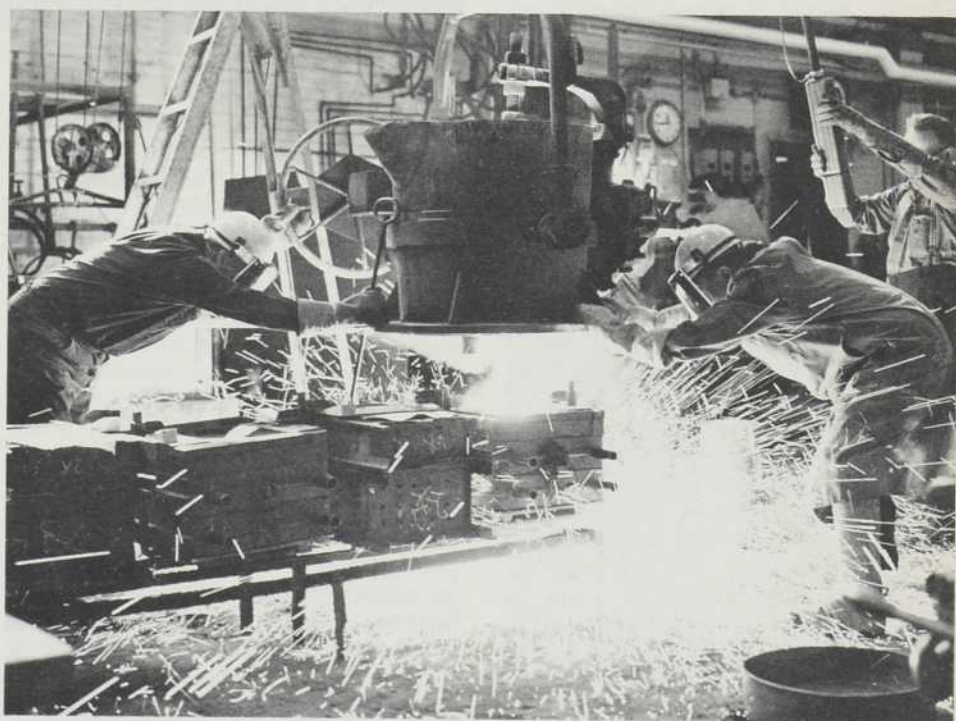
Pour M. Jacques Desnoyers, directeur du département de chimie de l'Université de

Le livre vert recommandant le démantèlement de l'INRS, les chercheurs de cet institut furent les premiers à réagir lorsque le document fut rendu public.

Sherbrooke et qui, à la demande de l'ACFAS (Association canadienne française pour l'avancement des sciences), commentera le document lors du congrès de l'Association en mai à Montréal, c'est sans doute la première fois que l'on pose d'une façon aussi brutale la question du chercheur universitaire, même si les solutions restent à venir. D'accord avec l'idée de lier la recherche universitaire avec la mission éducative de l'université, il lui semble cependant difficile en pratique de séparer le chercheur du professeur. «Les meilleurs chercheurs sont les meilleurs professeurs et les meilleurs administrateurs.» En tout cas, dit M. Desnoyers, les chercheurs auront bientôt besoin d'aide. Traditionnellement, la recherche se faisait avec des étudiants diplômés. Aujourd'hui, il y a plus de professeurs que de diplômés. Avec la disparition du «cheap labor» étudiant, les chercheurs universitaires vont dépendre de plus en plus d'un personnel semi-permanent qu'il faudra bien payer, augmentant ainsi le coût de la recherche. Ce qui souligne l'importance de limiter le nombre d'équipes et la duplication des programmes. «On ne peut se permettre d'avoir trois universités avec des programmes de recherches nucléaires au Québec. C'est la même chose en chimie, en biologie, etc. On n'a plus le choix,» dit-il.

Par ailleurs, M. Desnoyers trouve injustes les critiques du livre vert à l'endroit du programme FCAC (Formation de chercheurs et action concertée) le plus important programme québécois de subventions à la recherche universitaire. Ces critiques se rapportent aux objectifs mêmes du programme. «Le livre vert jette le blâme sur les comités du programme, mais c'est la faute du ministère de l'Éducation qui a souvent convoqué les comités à la dernière minute. On devrait plutôt augmenter les fonds de ce programme. Cela fait six à sept ans que ce budget est constant lorsque l'on élimine l'inflation.»

M. Michel Bergeron, président sortant de SCITEC, l'Association des scientifiques, ingénieurs et technologues du Canada et «chercheur pratiquant» précise-t-il, est partagé entre le bonheur et la déception. Bonheur parce que l'on semble enfin avoir compris le problème des trois solitudes, universitaire, industrielle et gouvernementale. Déception, parce que l'on recommence la ronde des mémoires et des consultations et encore pis, les négociations avec Ottawa «alors que pour une fois il n'y a rien à négocier avec ce gouvernement puisque Trudeau a déjà suffisamment montré que le financement de la recherche ne l'intéressait pas.» Par ailleurs, M. Bergeron croit qu'il est illusoire de vouloir séparer le chercheur de l'enseignant. «C'est là où il se fait de la recherche que se donne le meilleur enseignement.» Pour lui, le cher-



Le livre vert propose des mesures fiscales d'encouragement pour favoriser le développement de la recherche dans la PME. Mais, dit M. Limoges, de façon générale, «elles ne semblent donner aucun résultat, quoi qu'en dise l'industrie».

cheur universitaire aura toujours un rôle à jouer dans la société. «Ce qu'il faut, c'est rapprocher la découverte fondamentale de l'industrie.» Mais il approuve l'idée d'identifier le chercheur: «C'est le gouvernement qui nous a obligés à cacher le chercheur dans l'enseignement à cause de ses modes de financement.»

LA GRANDE ENTREPRISE SE SENT REJETÉE!

M. Charles Terreault, vice-président adjoint au développement technologique et à la planification chez Bell Canada (région du Québec), ayant pris connaissance de la partie sur la recherche industrielle, s'est dit «un peu déçu dans l'ensemble. On y parle beaucoup. C'est très verbeux et il y a peu de concret, même du côté des PME». Tout en ne niant pas l'importance des PME comme lieux de recherche, il ne faut pas s'attendre dit-il, à ce qu'une PME se mette soudainement à innover. Le plus souvent, en tout cas dans les secteurs de pointe, les PME naissent à partir des grandes entreprises. Et il cite le cas du fabricant de mini-ordinateurs Mitel, formé à 85 pour cent d'anciens de Northern Telecom. Néanmoins, M. Terreault note certains développements qui pourraient justifier une partie des espoirs que le livre vert met dans les PME du Québec. Il y aurait déjà près d'une demi-douzaine de petites entreprises nées autour du Centre de développement technologique de l'École polytechnique à Montréal. Le CRIQ est sur la bonne voie pour le faire, s'il ne l'a déjà fait. Par exemple, M. Terreault voit très bien le CRIQ faciliter la mise sur pied de «Trade Associations» comme il en existe aux États-Unis dans des secteurs tels l'imprimerie où de nombreuses entreprises financent des recherches en commun. Le nouveau dynamisme qui semble se manifester au Québec du côté des PME actives dans la recherche pharmaceutique et chez les fournisseurs des usines de pâtes et papiers pourrait être bien servi par de telles organisations coopératives de recherche, croit M. Terreault. Il déplore par contre que le livre vert n'aille pas plus loin quant aux mesures concrètes envisagées.

Il constate aussi que l'on dit très peu au sujet des grandes entreprises. «La grande entreprise se sent négligée par le gouvernement du Québec. En s'abstenant d'en parler, le livre vert confirme cette impression, dit M. Terreault. Pourtant, afin de contrer les départs de laboratoires qui se sont produits, les grandes entreprises auraient besoin d'un geste de la part du gouvernement.» Ce geste, selon le dirigeant de Bell (Québec), pourrait être des incitations fiscales permettant aux entreprises de profiter de dégrèvements d'impôt sur un accroissement des profits attribuable à l'innovation. Ce serait un message important pour que le



gouvernement du Québec se réconcilie la grande entreprise qui, «sans qu'on lui ait dit, sent qu'on veut qu'elle parte», dit M. Terreault.

Enfin, le porte-parole de Bell Canada se dit renversé que le livre vert ait complètement oublié les grands bureaux d'ingénieurs-conseils québécois. «Le Québec a réussi à percer sur la scène internationale dans ce domaine avec quelques-uns des plus importants bureaux au monde. Ce qui prouve qu'il y a aussi place pour les grandes entreprises au Québec», souligne-t-il.

PLUS D'AUTONOMIE POUR LES INSTITUTS

Le directeur de l'Institut d'histoire et de sociopolitique des sciences, M. Camille Limoges, s'était fait un devoir d'éplucher le livre vert d'un bout à l'autre. Il s'est dit tout à fait d'accord avec l'idée de ramener la recherche universitaire à un rôle de soutien de la mission éducative et culturelle de l'université. «On attendait des universités des choses, bien qu'elles ne soient pas équipées pour les réaliser. Le programme FCAC est devenu l'incarnation de cette confusion des finalités en devenant une sorte de fourre-tout,» dit-il. Il est encore trop tôt, croit-il, pour évaluer si les universitaires seront soulagés de ne plus compter les objectifs socio-économiques parmi les objectifs de leur recherche, mais les premières réactions semblent indiquer qu'ils accueillent favorablement le fait qu'on va se brancher. Sur ce plan, les nouveaux programmes de subventions du fédéral à des recherches visant des objectifs socio-économiques risquent de créer des problèmes aux



La grande entreprise se sent négligée au Québec, selon le directeur de Bell (Québec), et le livre vert confirmerait cette impression en s'abstenant d'en parler.

universités québécoises qui ne sont pas équipées des structures nécessaires pour répondre à ces demandes, sauf peut-être l'École polytechnique avec son Centre de développement technologique, dit M. Limoges.

Pour ce qui est de la recherche gouvernementale, le professeur de l'Université de Montréal croit lui aussi qu'il y a tout à fait lieu de l'étoffer. Le livre vert en distingue deux types, celle qui répond aux besoins propres du fonctionnement des ministères et la recherche dite de compensation. M. Limoges dit comprendre que le document souhaite que l'on renforce le premier type et que l'on sorte la recherche de compensation des ministères, ce qui lui apparaît très sain. Approuvant l'idée de confier cette recherche aux instituts publics, dont il est question dans le livre vert, il lui semble cependant important de conserver à ces derniers un statut autonome. «On manquerait notre coup si, après avoir sorti la recherche de compensation du gouvernement, on le confiait à des organismes directement reliés à l'État», commente-t-il.

L'«excellente idée» des instituts pourrait aussi très bien servir la recherche industrielle. «Pour moi, la recherche industrielle, c'est un peu comme les morceaux d'équations mathématiques perdus dans la nuit qui ornent la couverture du livre vert». Il nous manque encore beaucoup d'éléments essentiels à la formulation d'une politique valable de la recherche industrielle. Par exemple, ajoute-t-il, le livre vert propose des mesures fiscales d'encouragement. Or, l'expérience du gouvernement fédéral montre que, de façon générale, elles «semblent ne donner aucun résultat, quoi qu'en dise l'industrie», affirme le professeur. Par ailleurs, il pense que si l'on établit quelques instituts publics de recherche sur le modèle des Research Associations britanniques, on serait dans la bonne voie. «Il ne faut surtout pas penser la R&D des PME sur le modèle de celle des grandes entreprises. La R&D des PME ressemble plutôt à une sorte d'entre-aide au niveau des méthodes de gestion et d'amélioration des méthodes de production. Ce ne peut être une recherche essentiellement axée sur la mise au point de nouveaux produits car l'aspect de compétition des PME l'emporterait alors qu'elles doivent coopérer pour entretenir des organismes comme les Research Associations». Et justement, en Grande-Bretagne, ces associations ont donné d'excellents résultats dans des secteurs «mous» comme le cuir et la laine.

MAIS SOUMIS AUX USAGERS

M. Limoges souhaite aussi que les instituts soient soumis à la volonté des usagers de leurs recherches. Par exemple, le futur institut de recherche sur le travail

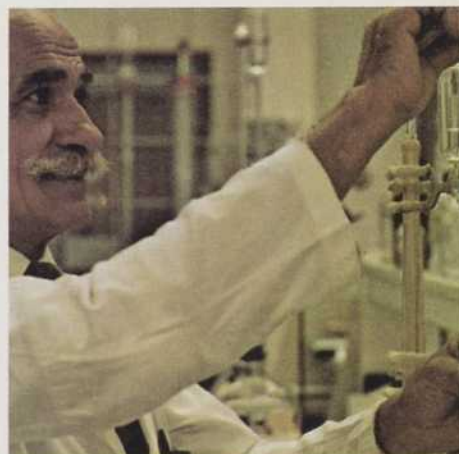
devrait répondre aux représentants des syndicats, des services de santé, des industries, d'organismes socio-politiques et du ministère des Affaires sociales. Ce serait tout à fait malheureux de les faire d'abord répondre à une structure centrale forte chapeautant tous les instituts, ou à des ministères. Les instituts doivent être aussi divers que possible et M. Limoges se dit extrêmement méfiant de toute tentative d'homogénéiser ce qui devrait demeurer hétéroclite. «Si on leur demande de répondre d'abord à une sorte de Conseil national de la recherche scientifique, copié sur le modèle français, on va manquer notre coup, dit-il. Les instituts vont se protéger les uns les autres et cesseront de répondre aux usagers.» Il croit aussi que c'est tout simplement être réaliste de ne rien prévoir afin de retenir les laboratoires des grandes entreprises. «Il n'y a rien qu'on puisse faire», dit-il, qui les empêchera de s'en aller si elles le décident.»

M. Limoges s'inquiète un peu du fait que le livre vert laisse entendre que ce sera le gouvernement qui décidera des priorités de la recherche au Québec. Les fonctions de la Commission interministérielle de la recherche et de la technologie, telles qu'indiquées dans le document, devraient se limiter à l'harmonisation des activités des ministères, affirme-t-il. Il se méfie beaucoup du mythe de l'efficacité du petit groupe d'experts. Ce devrait être au Conseil de la recherche et de la technologie de décider des priorités et cela après une très vaste consultation auprès du public, comme cela s'est fait en Suisse.

Enfin, le livre vert peut-il être mis en pratique dans le contexte fédéral actuel? M. Limoges croit que oui, même si sa pleine réalisation passe par la souveraineté-association. En particulier, on se demande où le gouvernement va aller chercher les fonds pour créer les instituts publics de recherche. Chose certaine, en tout cas, il y a une nette volonté de récupérer du fédéral le financement de la recherche universitaire, même si le Québec demeure dans le contexte fédéral. «À ce sujet, dit M. Limoges, je crois que l'on va voir l'ambivalence des chercheurs universitaires, peu enclins à s'attaquer à la main qui les nourrit.

Ces quelques commentaires, pour la plupart recueillis auprès de gens qui préféreraient réfléchir encore plus en profondeur avant de se prononcer, laissent tout de même l'impression que la communauté scientifique a conscience de se trouver à un tournant de son histoire. Elle semble prête à se pencher sur le livre vert avec un sérieux et un intérêt sans précédent. L'année 1979 sera certainement capitale dans l'évolution de l'appareil scientifique québécois et pourrait marquer le début de son intégration à la communauté québécoise.

Le secteur universitaire ne sera plus le seul acteur sur la scène scientifique du Québec. Il devra maintenant compter avec le gouvernement et l'industrie, et revenir à son rôle traditionnel de facteur d'enrichissement de l'enseignement et de la vie culturelle.



CAMILLE LAURIN:

«... AUCUNE DÉCISION MAIS DES HYPOTHÈSES ÉTOFFÉES...»

propos recueillis par Jean-Marc Fleury

Québec Science — M. Laurin, en choisissant de publier un livre vert sur la politique de la recherche, le gouvernement veut susciter des réactions et recueillir des opinions avant de prendre des décisions. Le livre vert contient tout de même certaines orientations précises. Quelles sont les volontés gouvernementales les plus importantes exprimées dans le document et auxquelles votre gouvernement tient le plus?

M. Camille Laurin — D'abord je vous rappelle que le livre vert n'annonce aucune décision. Il contient tout de même des hypothèses mieux étoffées, mais auxquelles on pourrait renoncer si le milieu s'y opposait. Parmi ces hypothèses, il y a ce retour aux finalités propres à chaque secteur. Par exemple, à l'université, nous voudrions que la recherche serve à soutenir l'enseignement à tous les niveaux, du baccalauréat au doctorat. Sans nier la pertinence sociale, l'apport au développement technologique et communautaire des efforts de recherche universitaire, pour nous, il y a une présence à établir dans la recherche universitaire par rapport à celle effectuée ailleurs. Cela nous semble absolument majeur et fondamental — autant pour l'édification d'un système scientifique que d'une société — que l'on réaffirme la fonction originale de la recherche universitaire.

Une autre hypothèse que l'on privilégie, c'est certainement celle des instituts publics de recherche. Cela nous apparaît important comme point de jonction et de convergence de la recherche universitaire, industrielle et gouvernementale. D'ailleurs, l'INRS fut créé en réponse à ce besoin. Au fond, les modules de l'INRS sont des instituts avant la lettre. Plus récemment, on a vu se créer le Centre de développement technologique de l'École polytechnique, le Centre de recherche sur l'amiante, qui est le fruit de la collaboration entre l'Université de Sherbrooke et le gouvernement, et bientôt ce sera l'Institut de recherche sur la culture. Ces décisions répondaient à une nécessité de regrouper des chercheurs en fonction de problèmes et pour la mise en lumière des besoins d'une société, d'un projet de société. Ce qui reste plus aléatoire, par ailleurs, c'est de savoir si on institue une structure centrale pour faire des instituts une sorte de Centre national de la recherche scientifique français, ou s'il ne vaut pas mieux attendre et se contenter de mécanismes *ad hoc*. D'un côté, nous nous méfions des structures théoriques qui pourraient créer de nouveaux monopoles, de nouvelles chapelles et scléroser la recherche; de l'autre, on sent qu'une sorte de structure d'ensemble pourrait être utile.

Une autre hypothèse à laquelle nous tenons, c'est la nécessité de revaloriser la recherche à l'intérieur du gouvernement, en lui redonnant un statut ainsi que la possibilité de se coordonner avec le reste de la communauté scientifique. Par exemple, il nous semble important qu'un des adjoints de chaque ministre soit un scientifique, que les ministères possèdent une enveloppe budgétaire de

recherche et, finalement, que l'on crée une structure ministérielle avec un ministre délégué à la Recherche et la Technologie. De telles mesures nous apparaissent difficiles à démolir dans une ère où il va falloir éliminer le gaspillage et où le changement est synonyme de progrès.

Q. S. — Quant à votre volonté de ramener la recherche universitaire à son rôle traditionnel de support à l'enseignement, n'allez-vous pas directement à l'encontre des initiatives fédérales mettant de nouvelles sommes importantes à la disposition des chercheurs universitaires prêts à s'intéresser à certains objectifs socio-économiques définis par Ottawa? Et puisque le fédéral demeure le plus important bailleur de fonds de la recherche universitaire est-ce réaliste de vouloir ramener la recherche universitaire québécoise à son rôle traditionnel?



C. L. — Avant de répondre à votre question, il faut traiter de nos intentions en ce qui touche le financement de la recherche par le gouvernement fédéral. En effet, nous réclamons le rapatriement du pouvoir de financer la recherche, en particulier la recherche universitaire. Cela nous paraît tellement interrelié à notre projet de société que nous ne pouvons nous en passer. En fait, nous voulons qu'aucune politique de financement de la recherche ne soit décidée sans nous. Par exemple, j'ai posé des objections au projet de création de centres d'innovation dans les universités. J'ai protesté contre cette bonne vieille habitude du gouvernement fédéral qui a annoncé unilatéralement la création de deux de ces centres, l'un à l'Université de Waterloo, en Ontario, l'autre à l'École polytechnique de l'Université de Montréal. Et le fédéral a accepté de réviser son geste.

Même à l'intérieur du système fédéral, nous aimerions dépenser nous-mêmes une partie des fonds pour la recherche. Par exemple, depuis dix ans que le fédéral met l'accent sur la recherche industrielle, et cela fait dix ans qu'il se trompe; c'est le sénateur Lamontagne qui le dit, pas moi. Et nous ne sommes pas sûrs que leurs nouvelles politiques soient les meilleures possibles. De notre côté, nous pensons à une meilleure articulation des programmes, que ce soit par l'intermédiaire du Centre de recherche industrielle du Québec ou du nouveau Centre de recherche sur les matériaux. Nous pensons aussi à d'autres formules, par exemple à des projets de recherche en commandite, parfois effectués à l'initiative du gouvernement et impliquant une participation des chercheurs, de l'université ou de l'industrie.

Q. S. — Mais il vous faudra plus d'argent.

C. L. — C'est certain. Si on n'obtient pas les fonds du fédéral, on reviendra à l'«opting out». On va calculer ce à quoi on a droit et ainsi reprendre une part de plus en plus grande du financement de la recherche.

Q. S. — Est-ce que l'application intégrale du livre vert suppose que votre gouvernement gagne le référendum?

C. L. — Bien sûr qu'il s'appliquerait mieux avec une majorité de oui au référendum. Mais même si nous le perdons, ce qu'il contient va nourrir des demandes très énergiques en vertu d'une formule d'opting out.

Q. S. — Quelle proportion du financement de la recherche voulez-vous récupérer du gouvernement fédéral? La totalité?

C. L. — Je ne puis vous dire exactement les sommes en jeu. Tout de même, à l'heure actuelle, comme le gouvernement québécois en finance le tiers, il faudrait au moins que cette proportion soit inversée. Je dirais même qu'il nous faudrait pouvoir financer environ 80 pour cent de la recherche universitaire. Le rapport Pépin-Robarts dit que le droit exclusif du financement de cette recherche revient au Québec. Donc, nous nous sentons en droit pour le réclamer et ceci répond à votre question quant aux conflits entre les politiques fédérale et provinciale de financement de la recherche universitaire.

Q. S. — Dans le chapitre sur la recherche industrielle, le livre vert s'adresse presque exclusivement à la petite et moyenne entreprise (PME). Pourquoi n'y a-t-il presque aucune mesure prévue pour les laboratoires des grandes entreprises implantées au Québec?

C. L. — C'est qu'on sait qu'elles font déjà de la recherche et que le fédéral s'en occupe. On sait aussi que les laboratoires de recherche des grandes entreprises ont plus facilement accès aux sources de l'information scientifique et technique, ce que l'on appelle l'IST. Par ailleurs, on va demander aux multinationales de faire plus de recherche ici. Elles devraient participer pleinement à l'activité de recherche québécoise, au niveau de la recherche appliquée, mais aussi en sciences fondamentales. Enfin, on reconnaît que certaines politiques fiscales pour les grandes entreprises devront être ajustées.

Q. S. — Le livre vert n'offre pourtant rien de spécifique aux grandes entreprises. Il ne fait que leur demander de s'intégrer davantage dans le contexte québécois de la recherche. N'est-ce pas la manifestation d'une certaine indifférence à leur égard?

C. L. — Non, pas du tout. Je leur ai déjà fait part de notre intérêt à leur égard lors des discussions sur la loi 101. J'ai même envoyé une mission en Europe pour définir les mesures à prendre et j'ai inclus les laboratoires des grandes entreprises dans l'entente particulière sur l'application de la loi. C'est déjà une preuve d'intérêt non équivoque.

Q. S. — Mais est-ce suffisant? On dit que les grandes entreprises déménagent leurs laboratoires à l'extérieur du Québec.

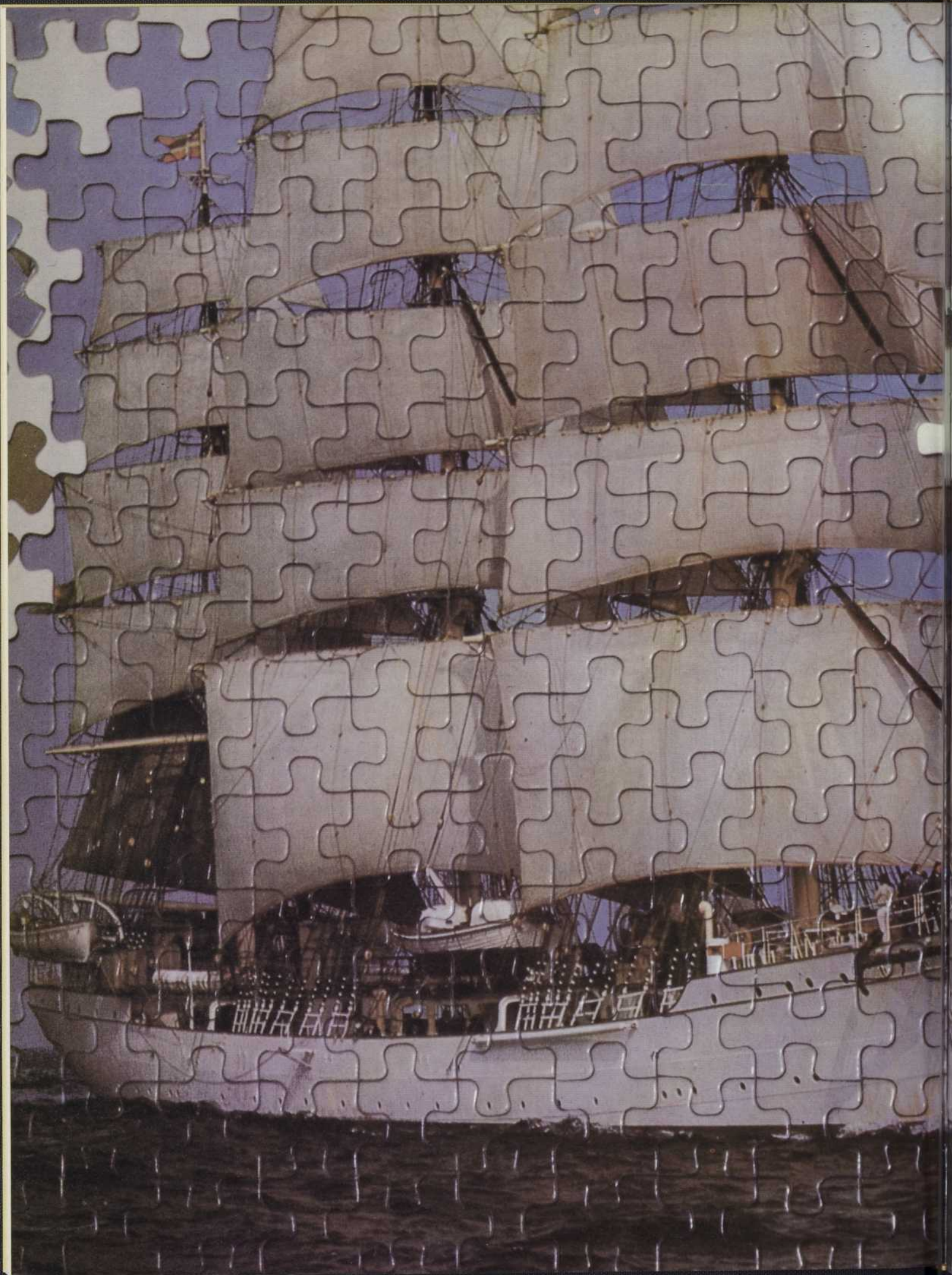
C. L. — Je ne suis pas sûr que ce qu'on dit soit vrai. Cela fait partie des pressions générales exercées sur notre gouvernement. Et les raisons de ces déménagements, s'il y a lieu, tiendraient plutôt au déplacement des bassins de population vers l'Ouest. Ceci dit, si elles ont besoin d'un message, c'est certain que je leur réitérerai notre intérêt. Nous tenons à ce qu'elles restent. Les laboratoires des grandes entreprises sont non seulement un actif sur le plan de la recherche scientifique, mais aussi sur le plan culturel grâce à la grande diversité des personnes qu'elles recrutent. Mais en même temps on veut qu'elles comprennent leurs responsabilités à l'endroit du pays qui les accueille et leur permet de faire des profits. Mon message sera donc double. Sympathie, bien sûr, mais aussi: Prenez conscience de vos responsabilités et conduisez-vous comme de «good corporate citizens».

Q. S. — Comme le livre vert le précise dès le début, il n'a pas pour ambition de définir une «véritable» politique de la recherche et de la technologie, mais seulement de conduire à la définition des conditions préalables à une telle politique, à la mise en place des instruments qui permettront ensuite de promouvoir le développement de domaines prioritaires. Quel est votre échéancier pour la mise en place d'une véritable politique de la recherche?

C. L. — Pour nous, une politique scientifique doit s'appuyer sur une politique culturelle — on l'a — et sur une politique de développement économique — on devrait l'avoir d'ici un an. C'est certain que tant que l'on aura pas cette dernière politique, on ne pourra lancer la véritable politique de la recherche. En même temps, notre politique sociale est drôlement en train de prendre forme, un de ses volets importants étant le supplément de revenu au travail, contenu dans le dernier budget. Enfin, la définition d'une politique d'aménagement du territoire est bien amorcée. Voilà autant de piliers du développement du Québec et la politique scientifique va nous permettre d'atteindre nos objectifs dans les autres secteurs.

Mais pour répondre précisément à votre question, je crois, en terme de temps, que nous serons en mesure d'établir les bases d'une véritable politique à l'hiver 1979 ou au printemps 1980. D'ailleurs, nous sommes déjà en train de mettre en place quelques éléments de cette politique. Nous avons annoncé la création d'un centre de recherche sur l'amiante, nous sommes en train d'en créer un sur la culture et nous allons en avoir un autre sur le travail.





Ajoutez-y votre pièce

Morceau par morceau, le magazine QUÉBEC SCIENCE peut mettre fin au casse-tête qui est le vôtre devant la complexité des problèmes auxquels l'actualité vous confronte chaque jour.

Ajoutez votre pièce en vous abonnant à QUÉBEC SCIENCE. Vous ferez partie de la grande mosaïque des lecteurs du magazine qui réussit à démêler tous les morceaux du puzzle et à rendre l'ensemble intelligible à tous.

En ajoutant votre pièce, vous pourrez gagner l'une des cinq embarcations de fabrication entièrement québécoise offertes en prix.

Prix offerts

Non, nous ne vous montons pas un bateau. Voici les prix que vous pouvez gagner en vous abonnant (ou en vous réabonnant) à QUÉBEC SCIENCE:

Premier prix:

Un voilier LASER complet (une valeur de \$1 375)

Deuxième prix:

Une embarcation LA PIROGUE (une valeur de \$400)

Troisième prix:

Un canot d'eau vive D.B.R. SPORT (une valeur de \$250)

Quatrième prix:

Un canot de lac D.B.R. SPORT (une valeur de \$250)

Cinquième prix:

Un kayak D.B.R. SPORT (une valeur de \$250)

Règlements du concours

Participants: Toute personne qui s'abonne, se réabonne ou recrute un nouvel abonné à QUÉBEC SCIENCE, a droit à une chance par année d'abonnement de gagner l'un des prix offerts (à l'exception de tout notre personnel, rédacteurs, représentants et fournisseurs).

Durée du concours: Du premier avril au 30 juin 1979.

Tirage et remise des prix: Le tirage au sort sera effectué au cours du mois de juillet 1979. Les prix seront décernés de façon spécifique à chacun des gagnants et leur seront livrés gratuitement.

J'ajoute ma pièce *

en m'abonnant ou en me réabonnant à QUÉBEC SCIENCE au prix de \$17.00 (pour 1 an / 12 numéros) pour année(s).

31	nom	60		
61	prénom	80		
B				
7	8			
9	numéro	rue	appartement	28
29	ville	48		
49	province ou pays	68		
69	code postal	74		
<input type="checkbox"/> Chèque ou mandat postal ci-joint				
<input type="checkbox"/> Veuillez me facturer				
Québec Science, C.P. 250, Sillery, Québec G1T 2R1				

J'ajoute ma pièce * en faisant s'abonner

31	nom	60		
61	prénom	80		
B				
7	8			
9	numéro	rue	appartement	28
29	ville	48		
49	province ou pays	68		
69	code postal	74		
<input type="checkbox"/> Chèque ou mandat postal ci-joint				
<input type="checkbox"/> Veuillez me facturer				
Québec Science, C.P. 250, Sillery, Québec G1T 2R1				

* Offre valable jusqu'au 30 juin 1979 et au Canada seulement.

LA VRAIE NATURE DE LA FUSION

Énergie de l'avenir,
la fusion est-elle aussi propre et
aussi sûre qu'on le dit?

par Pierre Sormany

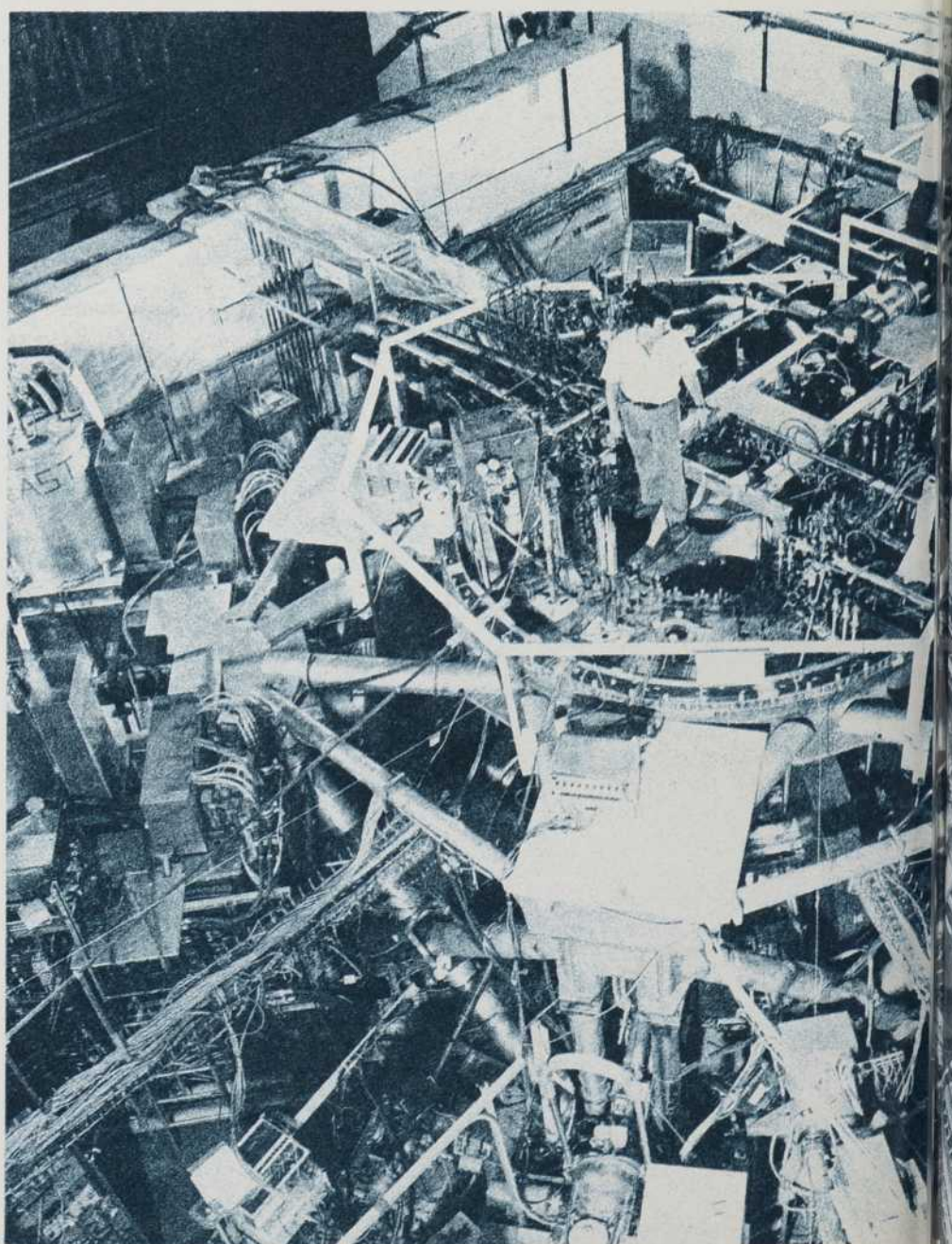
Place Desjardins, début avril 1979. À l'occasion de l'expo-science annuelle de Montréal, devant le kiosque de la *Fusion Energy Foundation*, un homme dans la quarantaine ne demande qu'à être rassuré. « Cette fusion, dont vous nous parlez, c'est pas du nucléaire, hein? » Réponse embarrassée des deux « vendeurs » de la FEF, sorte de pèlerins d'un monde meilleur où toute énergie ne serait que fusion d'hydrogène. L'homme insiste: « Mais ce n'est pas une pile nucléaire, ça... Il n'y a pas d'uranium, pas de plutonium! »

C'est un témoignage de ce qu'on pourrait appeler le « syndrome d'Harrisburg ». À Princeton, New Jersey, cette petite localité située à moins de 100 kilomètres de New York, où l'on construit présentement la plus importante machine expérimentale de fusion au monde, même commentaire de l'agent d'information du laboratoire de physique des plasmas, Anthony R. DeMeo: « Depuis Harrisburg, les gens viennent nous voir et semblent encore plus intéressés. Comme s'ils n'attendaient plus que la fusion pour se libérer du danger de l'atome! »

FUSION ET FISSION

La fusion thermonucléaire, a-t-on coutume de dire, c'est l'énergie des étoiles. En fait, c'est l'énergie de l'univers en entier!

Dans ce monde où tout a commencé par des neutrons, des protons et des électrons, les étoiles se sont formées lorsque les forces gravitationnelles ont entraîné d'immenses nuages de ce « gaz fondamental » à s'écrouler sur eux-mêmes. Propulsés les uns sur les autres, protons et neutrons forment le noyau du deutérium (l'hydrogène « lourd »), et deux noyaux de deutérium forment l'hélium (assemblage de deux neutrons et deux protons).



Mais le produit fini est alors moins massif que la somme de ses composants. La différence, c'est en énergie qu'elle s'envole, selon la formule célèbre du physicien Einstein. C'est ainsi que les étoiles se sont «allumées». Toute l'énergie de l'univers contemporain vient donc de cette fabrication d'hélium puis, plus tard, de la fabrication analogue des éléments de plus en plus lourds.

Dans ce gigantesque brassage stellaire, quelques éléments ont été trop loin. Par fusion ils ont formé des assemblages si lourds que leur construction a nécessité un surplus d'énergie, plutôt que d'en libérer. Ces corps «accidentels», ce sont les obèses du tableau des éléments, ceux qui dépassent le poids du fer. À l'extrême limite, ils deviennent tellement instables qu'ils se brisent d'eux-mêmes: ce sont les corps radioactifs qui, en se scindant, remboursent en quelque sorte l'énergie qu'ils avaient volée jadis à l'alchimie stellaire, à la fusion des plus légers.

Si la fission des atomes lourds est donc l'accident de la nature, elle présente toutefois l'avantage, pour nous terriens, d'être facile à produire. Il suffit qu'un neutron de faible énergie heurte l'uranium 235, par exemple, pour que celui-ci se brise et émette à son tour des neutrons destructeurs. Mais cet avantage se paie: le combustible est radioactif, il existe en quantités limitées, et ses produits de réaction sont encore plus dangereux.

UNE ÉNERGIE PROPRE ET SÛRE

Le deutérium, matière première de la fusion thermonucléaire, n'est pas, quant à lui, radioactif. Même à raison d'un atome de deutérium par 6500 atomes d'hydrogène dans l'eau de mer, c'est déjà la surabondance: un kilomètre cube d'eau de mer contient assez de cet «hydrogène lourd» pour libérer par fusion autant d'énergie que l'ensemble de nos réserves de pétrole. Et voilà repoussé de quelques milliards d'années le spectre de l'épuisement de nos ressources... un délai suffisamment long pour nous donner le temps d'apprendre à maîtriser ensuite la fusion de l'hélium en éléments plus lourds, et ainsi de suite.

À court terme toutefois, cette «maîtrise» n'est pas si simple. Nous ne jouissons pas sur terre des forces gravitationnelles stellaires (heureusement pour nous!) et les noyaux atomiques, tous de même charge électrique, se repoussent avec force. Pour les contraindre à fusionner, malgré leur «répulsion naturelle», il faudra les chauffer à de très hautes températures pour leur donner une vitesse qui leur permette de franchir cette «barrière» électrique. Mais il faudra aussi confiner le gaz chaud dans le plus petit volume possible afin de favoriser les rencontres. Ce qui ne peut évidemment

être fait par une paroi matérielle qui se volatiliserait au contact du gaz surchauffé.

Deux voies possibles: l'implosion (explosion vers l'intérieur) d'un petit volume de deutérium, ou la compression forcée de ce gaz sous l'action de champs magnétiques. La première approche est la plus simple. Elle a déjà connu un succès «éclatant» avec la bombe à hydrogène (la «bombe H»), où c'est une charge de plutonium (une bombe atomique classique) située en périphérie du gaz qui en assurait l'implosion. On tente maintenant de reproduire cette réaction à petite échelle en utilisant des faisceaux lasers très puissants pour bombarder de toutes parts une billette de deutérium. Mais l'éventuelle centrale au laser ne pourra fonctionner que par explosions successives, ce qui pose d'énormes problèmes techniques. L'approche par confinement magnétique, quoique technologiquement plus complexe *a priori*, permet d'envisager un réacteur en régime continu: du deutérium introduit en certains endroits, de l'hélium évacué ailleurs et, entre les deux, une énorme production de chaleur, continue. Comme l'intensité de chaleur dépend directement des gaz injectés et du maintien de forts champs magnétiques, en aucun cas la centrale ne pourrait s'emballer. Il suffirait d'une fraction de seconde d'interruption pour que le gaz thermonucléaire se dissipe et se refroidisse.

UN ARRIÈRE-GOÛT DE «DÉJÀ VU»

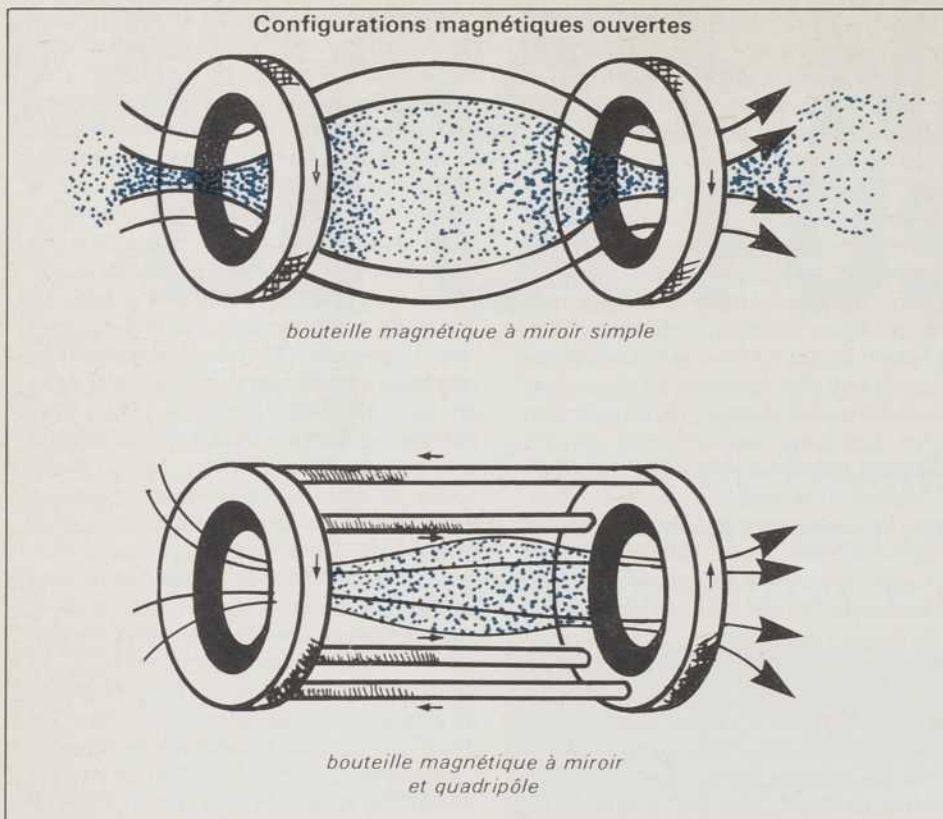
En principe, on parle donc d'une source d'énergie «propre», inépuisable, et parfaitement sécuritaire. C'est la théorie. Car ce langage optimiste des pionniers de la recherche en fusion thermonucléaire rappelle étrangement le discours que tenaient, peu après la guerre, les promoteurs de l'énergie de fission nucléaire «pacifique».

Pendant 15 ans, comme pour compenser l'horreur d'Hiroshima, les ingénieurs nucléaires promettaient en effet que cette boîte de Pandore allait bientôt assurer la survie de notre civilisation. Les réacteurs atomiques devaient eux aussi être propres, fiables, et tellement sécuritaires qu'on envisageait de les construire dans les villes, aux États-Unis comme au Tiers-Monde! Il aura fallu tout près de 20 ans pour que l'opposition s'organise et qu'elle mette en évidence une réalité technologique beaucoup moins rassurante, à défaut d'être catastrophique.

Or, le discours des promoteurs des deux «filières» d'énergie nucléaire n'est pas le seul point qui les rapproche. La complexité technologique en est un autre. Si la critique anti-nucléaire s'en est prise très souvent au caractère hyper-spécialisé de cette technologie «inhumaine», comment réagira-t-elle devant les ma-

La technologie nécessaire pour produire la fusion est d'une très grande complexité, comme le démontre le PLT ou Princeton Large Torus. On a pu atteindre avec ce tokamak la température de 74 millions de degrés en novembre dernier.





Les premières machines magnétiques pour confiner le plasma utilisaient le principe de «l'effet miroir». Elles empruntaient diverses configurations telles celle de la bouteille magnétique à miroir simple ou à miroir et quadripôle.

Un champ magnétique empêche les particules de s'échapper verticalement et, à chaque extrémité, une concentration du champ magnétique forme une espèce de goulot dans lequel les particules se bousculent, se repoussent à cause de leur charge électrique identique et rebondissent vers le centre. Des particules réussissaient toutefois à s'échapper par les extrémités.

chines de fusion, à côté de quoi les centrales actuelles ont l'air de jouets d'enfant!

Lors de sa visite à Princeton, la réaction d'Amory Lovins, physicien du groupe «Les Amis de la Terre» et porte-étendard le plus écouté des scénarios non nucléaires, est fort intéressante sur ce point. «Nous avons beau lui faire valoir tous les avantages de cette énergie, note Anthony DeMeo, il n'en démordait pas. Pour lui, il faut à tout prix abandonner cette lutte, et revenir au charbon et au bois, en attendant le soleil!»

La fusion thermonucléaire, en fait, c'est le bond technologique, la fuite en avant. Il faudra investir encore des milliards de dollars dans la recherche, puis tout autant dans la construction de chaque centrale, dont la complexité est telle que personne n'en pourra garantir la fiabilité de fonctionnement continu.

Mais surtout, la distance risque là aussi d'être grande entre les pronostics rassurants des spécialistes des plasmas et les esquisses des concepteurs de centrale.

Les premières réactions de fusion impliqueront sans doute non seulement le deutérium, mais aussi un autre isotope de l'hydrogène, le tritium, contenant un proton de plus. De «section efficace» plus grande, cet élément est donc plus facile à «fusionner», mais il est radioactif. Une demi-vie courte, certes, mais nous voilà retombés dans le problème qu'on cherchait à éviter. Et ce premier accroc au scénario optimiste survient avant même qu'on ait abordé la quincaillerie du réacteur.

À partir de là, les choses se compliqueront encore plus.

LA VRAIE NATURE DU TOKAMAK

Pour comprendre cette escalade de la complexité, repassons un par un les problèmes que pose la fusion thermonucléaire contrôlée dans ces gigantesques machines magnétiques.

Aux températures requises pour la fusion, les atomes ont depuis longtemps perdu leur cortège électronique. On parle alors de «plasma», c'est-à-dire un gaz ionisé où noyaux positifs et électrons négatifs circulent indépendamment, dans un ensemble neutre.

Cette ionisation est avantageuse d'ailleurs, puisque seules les particules chargées sont vulnérables aux effets de confinement des champs magnétiques. Toutefois, si ces particules parviennent difficilement à s'échapper perpendiculairement aux «lignes de champs», elles peuvent voyager librement le long de celles-ci. L'ionosphère terrestre constitue un excellent exemple de ce phénomène: prisonnières des lignes du champ magnétique terrestre qui vont d'un pôle à l'autre, les particules ionisées de la haute atmosphère voyagent sans cesse entre ces deux bornes.

Les premières machines magnétiques utilisaient d'ailleurs ce principe de «l'effet miroir». Comme pour le champ magnétique de la Terre, on s'arrangeait pour que la puissance des aimants et la «concentration» du champ soient beaucoup plus grandes aux deux extrémités d'une enceinte à vide, de telle sorte que les ions, poussés les uns sur les autres dans ces goulots d'étranglement, se repoussent en vertu de leurs charges électriques semblables et rebondissent sans cesse vers l'autre extrémité. Malheureusement, aucun goulot n'est parfaitement étanche, et les plasmas perdaient toujours leurs particules les plus chaudes... et les plus intéressantes; ces particules ont atteint des vitesses si élevées qu'elles ne sont plus arrêtées par le goulot d'étranglement.

La première solution envisagée consiste, bien sûr, à faire en sorte que l'enceinte à vide n'ait pas de bouts. Pour y parvenir, il suffit en principe de la recourber sur elle-même, d'en faire un tore (la forme d'un beignet). Mais les premiers essais furent décevants. En chauffant le gaz, on accélérât ses particules qui réagissaient dès lors différemment aux champs magnétiques externes, pour finalement se disperser sur les parois intérieures du tube circulaire.

Ce que les Soviétiques réussirent à prouver expérimentalement en 1968, avec leur célèbre «Tokamak» (pour «machine toroïdale magnétique»), c'est qu'en forçant la circulation d'un courant électrique au sein même du plasma, non

seulement on chauffait celui-ci (le plasma froid exerçant naturellement une certaine résistance au courant, il se comporte comme un «élément» de chaufferie), mais en outre ce courant génèrait son propre champ magnétique qui venait dès lors sur-comprimer le plasma. En principe, plus le plasma est ainsi chauffé, plus il devient dense et plus il est stable, c'est-à-dire moins il tend à se disperser et il est confiné avec d'autant plus d'efficacité. La fusion thermonucléaire n'était plus qu'une question d'échelle, et le début des années 1970 vit la mise en place de nombreux programmes nationaux de construction de tokamak géants.

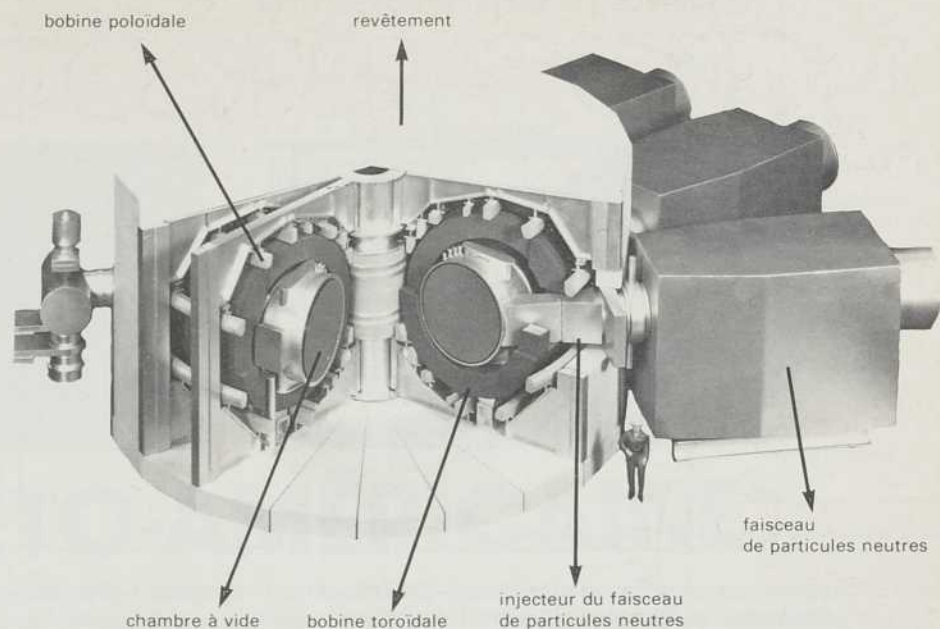
PLUS CHAUD QUE LE SOLEIL

Première limite des tokamak: plus le plasma s'échauffe, moins il exerce de résistance au courant et moins sa température augmente. Le fort courant qui le traverse ne contribue donc plus qu'à maintenir sa stabilité et non plus à le réchauffer. En pratique, aucun tokamak classique ne parvient, par simple chauffage résistif, à dépasser quelque 11 millions de degrés. C'est un peu moins que la température au centre du Soleil, et environ quatre fois moins que la température requise pour que les réactions de fusion puissent rembourser l'énergie qu'on investit dans le confinement.

La solution pour dépasser cette limite a été mise au point d'abord en France, sur le petit Tokamak de Fontenay-aux-Roses (TFR). Un accélérateur de particules dirige un faisceau de protons vers un gaz d'hydrogène dense. Des collisions s'effectuent en grand nombre, et des atomes neutres sont éjectés, à grande vitesse, vers le tube du réacteur. Quant aux ions positifs accélérés, ils sont déviés par un champ magnétique, de sorte que seules les particules neutres pénètrent dans le plasma, et contribuent par leur grande vitesse à réchauffer celui-ci, sans perturber son équilibre électrique.

Si le petit TFR français a pu de la sorte atteindre rapidement 18,5 millions de degrés (en Kelvin), c'est le Princeton Large Torus (PLT) qui détient aujourd'hui tous les records. Avec ses quatre injecteurs de particules neutres, il a atteint l'été dernier les 60 millions de degrés, puis devait dépasser en novembre le sommet de 74 millions, sans que la stabilité du plasma ne semble souffrir de cet accroissement phénoménal de la température.

Ce n'était pourtant là qu'un premier obstacle. Le second concerne les impuretés qui viennent «salir» sans cesse le plasma. Avec une telle chaleur, en effet, on comprendra que quelques ions parviennent tôt ou tard à s'échapper du faisceau du gaz thermonucléaire, pour heurter les parois du tube à vide, et y déloger des atomes. En quelques millièmes de secondes, on retrouve donc dans le plasma des



atomes de carbone, d'oxygène, et même de fer, en nombre assez considérable pour empêcher toute fusion efficace.

Dans le dernier-né du programme américain de fusion par confinement magnétique, le PDX de Princeton, de taille un peu plus grande que le PLT (quatre mètres de grand diamètre, et environ trois mètres de haut), on a installé des électro-aimants additionnels à l'intérieur de la chambre à vide, pour détourner les particules en fuite latérale vers des «chambres secondaires», qui attirent aussi les impuretés émises spontanément par les parois métalliques.

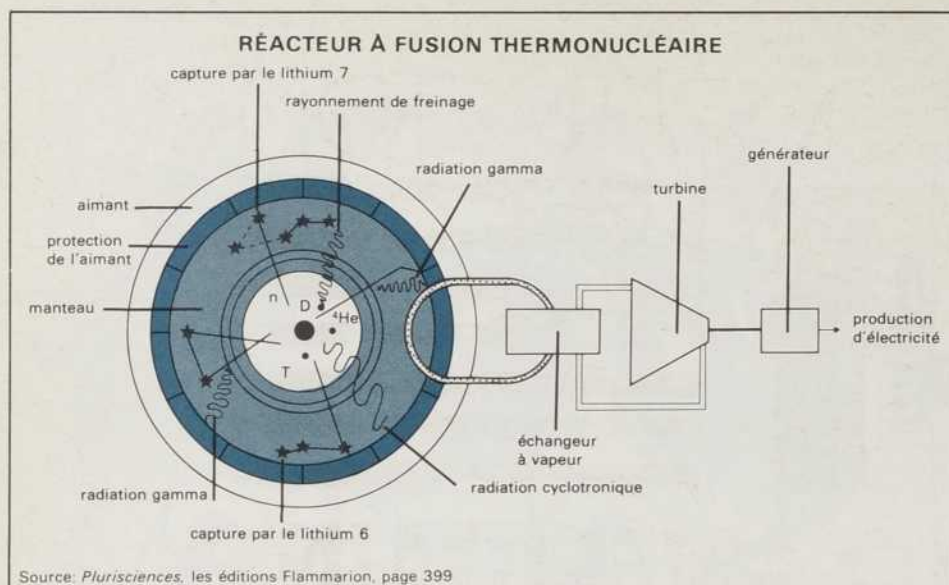
Le second problème d'impuretés surgira en fait lorsqu'on aura réussi à provoquer un grand nombre de fusions nucléaires: l'hélium ainsi produit devra être évacué, sans que cette sortie de gaz ne perturbe l'équilibre du plasma. Un dispositif destiné à cette évacuation («diverter») est aussi prévu pour le PDX, qui n'est encore qu'en période de rodage.

UNE FORCE HERCULÉENNE

Mais toutes ces précautions ne sont utiles que si le plasma parvient à être efficacement maintenu au centre du tube à vide, et dans le plus petit faisceau possible. Cette tâche est confiée aux aimants les plus gigantesques que l'homme ait conçus. Pour le PLT par exemple, il fallait 18 aimants, formés par l'enroulement de 42 épaisseurs d'une feuille de cuivre, au poids de six tonnes chacun, dans lequel circule un courant de 40 000 ampères, pour une force magnétique de 4,5 teslas (un tesla vaut 10 000 gauss)!

Mais le record sur ce plan est détenu par une autre machine américaine, l'Alcator, du Massachusetts Institute of Technology, dont les aimants de taille plus petite, mais de construction plus compacte dégagent une force de huit teslas.

Voici une vue d'ensemble du TFTR. C'est l'action d'un champ magnétique qui permet de confiner le plasma dans un volume de forme torique. Des électro-aimants servent à créer ce champ magnétique. Il s'agit de la bobine toroidale, d'une part, et des bobines poloidales d'autre part. Ces dernières sont de deux types: celles du premier type servent à générer un courant le long des lignes de champ pour accélérer les particules du plasma et les chauffer, et celles du deuxième type servent à compenser l'effet de vitesse en maintenant le plasma au centre de la chambre à vide (la force de leur champ varie en fonction de la température atteinte par le plasma).



Le J.E.T. (Joint European Torus) est le projet principal du programme de la Communauté européenne économique (C.E.E.) dans le domaine de la fusion contrôlée pour les années à venir. Cette grande machine d'étude de la fusion thermonucléaire utilisera la réaction deutérium-tritium.

De tels aimants exercent à leur tour, les uns par rapport aux autres, une formidable force répulsive. Pour éviter que la machine n'éclate, il faut donc l'encadrer fortement dans une structure d'acier, capable de résister à une force de plusieurs millions de kilogrammes.

Or, ces machines ne produisent pour l'instant que des plasmas de l'ordre de 10^{13} particules par centimètre cube, pendant un dixième de seconde. Selon les calculs théoriques, il faudra encore multiplier la densité et la durée par un facteur dix pour obtenir une libération d'énergie deux fois plus importante que celle qu'on aura investie dans le chauffage et le confinement, ce qui est considéré comme le seuil d'efficacité des machines magnétiques.

C'est ainsi que s'est engagée depuis deux ans la véritable course aux machines super-géantes. C'est encore une fois Princeton qui détient le leadership, avec son projet TFTR (Tokamak Fusion Test Reactor) dont le plus grand diamètre dépassera les cinq mètres et le champ magnétique atteindra 5,2 teslas. Prévu pour entrer en opération à la fin de 1981, le TFTR sera immédiatement suivi par trois autres projets analogues: le JET européen (pour «Joint European Tokamak») construit en Angleterre; le T-20 soviétique, qui connaît présentement de sérieux retards d'échéancier; et le JT-60 japonais, prévu pour la fin de 1983. Tous ces appareils gigantesques devraient en principe atteindre le seuil d'efficacité (remboursement d'énergie équivalent à l'énergie investie), et en conséquence utiliser le «mélange» idéal deutérium-tritium.

Leur coût? Quelque 250 millions de dollars pour le TFTR américain. Et l'on ne parle alors que d'un tokamak de dimension «limite», sans dispositif de vidage de l'hélium, sans système de collection de la chaleur produite, sans génération de vapeur puis d'électricité,

sans production de tritium, etc. Un cœur «tout nu» en somme. Fort loin du réacteur commercial!

LE RETOUR DE LA RADIOACTIVITÉ

C'est à ce niveau que l'on se heurte à nouveau au problème de la radioactivité. En fonctionnement continu, le tokamak se comporte comme un gigantesque accélérateur d'ions. Et dès qu'on rencontre des électrons en rotation, on assiste à l'émission de rayons X. Même chose pour les collisions entre ces électrons et les parois métalliques du tube à vide. Un tokamak, c'est une formidable machine à rayons X.

Mais c'est là le moindre mal. Car dès qu'on déclenche les réactions de fusion désirées, on assiste aussi à l'émission de neutrons. S'ils viennent heurter violemment les parois du réacteur (puisqu'on ne peut dévier des particules neutres, comme on le fait pour les ions chargés du plasma), ces neutrons à très haute énergie provoquent immédiatement l'apparition d'éléments radioactifs, dont certains auront une demi-vie assez longue.

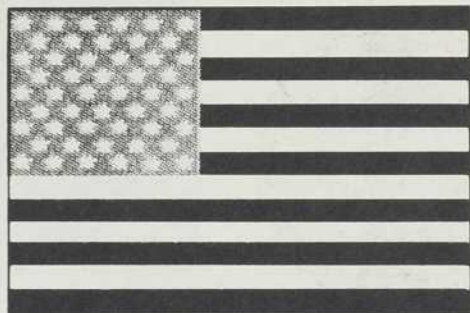
Au bout de combien d'années faudra-t-il remplacer toutes les composantes d'un réacteur, dont les émissions radioactives et les «usures» structurelles seront devenues dangereuses? Et où enterrerait-on ces rejets radioactifs?

L'évacuation de la chaleur produite dans le tube à fusion pose elle aussi un problème considérable. Il faut un caloporteur liquide, de grande densité si possible (pour constituer un écran efficace contre les neutrons destructeurs), et de point d'ébullition très élevé. Le lithium apparaît aujourd'hui comme le candidat idéal, d'autant plus qu'on apprend à maîtriser cet élément comme caloporteur dans les surrégénérateurs rapides (en France notamment). Mais le lithium est capricieux. Il s'enflamme à l'air, ce qui n'est certes pas un problème insurmontable, son circuit devant être à vide; mais cela ajoute à la complexité technologique de la centrale projetée.

Le lithium a un autre avantage. Sous l'impact des neutrons incidents, certains atomes de lithium sont cassés, entraînant la production de tritium. Comme cet élément n'existe guère en nature et qu'il faudra en introduire sans cesse dans le cœur des premiers réacteurs, la possibilité de puiser ce combustible à même le caloporteur offre un avantage économique certain. Il faut toutefois ajouter alors une opération de séparation du tritium de ce caloporteur capricieux, ce qui pose un autre défi à la sécurité.

À ce bilan déjà lourd, ajoutons les problèmes de fiabilité. Les parois du réacteur seront soumises à de très dures conditions, nécessitant leur remplacement périodique. Les centrales de taille commerciale devront utiliser des aimants

UNE COOPÉRATION



SOVIÉTO-AMÉRICAINNE

Devant l'ampleur des problèmes technologiques, mais surtout à cause des investissements considérables mis en jeu, le Dr Velikov, leader du programme soviétique de fusion par confinement magnétique, à l'Institut Kurchitov de Moscou, proposait l'année dernière à l'Agence internationale de l'Énergie, à Vienne, une coopération véritablement internationale pour la construction de la prochaine «machine», celle que les Américains avaient déjà baptisée TNS (pour «The Next Step»: la prochaine étape) bien avant de la décrire.



Jean-Guy Lebel

Paul Rutherford, directeur du groupe des recherches théoriques du Laboratoire de Princeton, est l'un des quatre délégués américains qui, avec 12 autres membres, forment le groupe Intor Workshop créé en décembre dernier par l'Agence internationale de l'énergie (AIE) pour étudier la proposition soviétique.

En gros, il s'agirait d'un tokamak dont la taille pourrait ne pas dépasser de beaucoup celle des tokamak que l'on construit présentement, mais qui intégrerait pour la première fois, à titre de démonstration à tout le moins, tous les équipements essentiels aux futurs réacteurs: mélange de deutérium et de tritium; aimants supra-conducteurs; injecteurs de particules neutres et «diverter» d'impuretés; couverture de lithium; équipements de génération de vapeur; et peut-être même une connexion au moins symbolique avec un réseau électrique.

Une telle proposition paraît alléchante, puisqu'elle permettrait de partager les coûts d'une étape qui n'est somme toute qu'intermédiaire, avant l'érection des véritables prototypes de centrales commerciales. Elle présente toutefois deux difficultés. La première en est une de souveraineté technologique. Les États-Unis ont déjà mis en branle, à Oakridge, un programme de conception de ce réacteur TNS, sous le nom de code de «Engineering Test Facility Design Center». S'ils estiment avoir une certaine avance dans ce domaine et préfèrent poursuivre leur effort actuel en y mettant les fonds requis, les Américains pourraient bien n'accorder qu'un appui mitigé à l'offre soviétique de coopération. Mentionnons toutefois que dans le cadre de la détente est-ouest, et celui des accords SALT, le président Carter se serait montré favorable au projet.

Le second problème en est un de site. Pour des raisons politiques évidentes, les localisations américaines ou soviétiques seront sans doute écartées. Il a fallu deux ans et demi pour que les Européens s'entendent sur l'emplacement de leur JET, et l'on envisage mal une reprise de ce «grenouillage politique» concernant le projet international (maintenant baptisé INTOR). Il n'en fallait pas plus pour que quelques pays marginaux et «neutres» s'offrent spontanément. Parmi eux, la Suède, la Finlande... et le Canada.

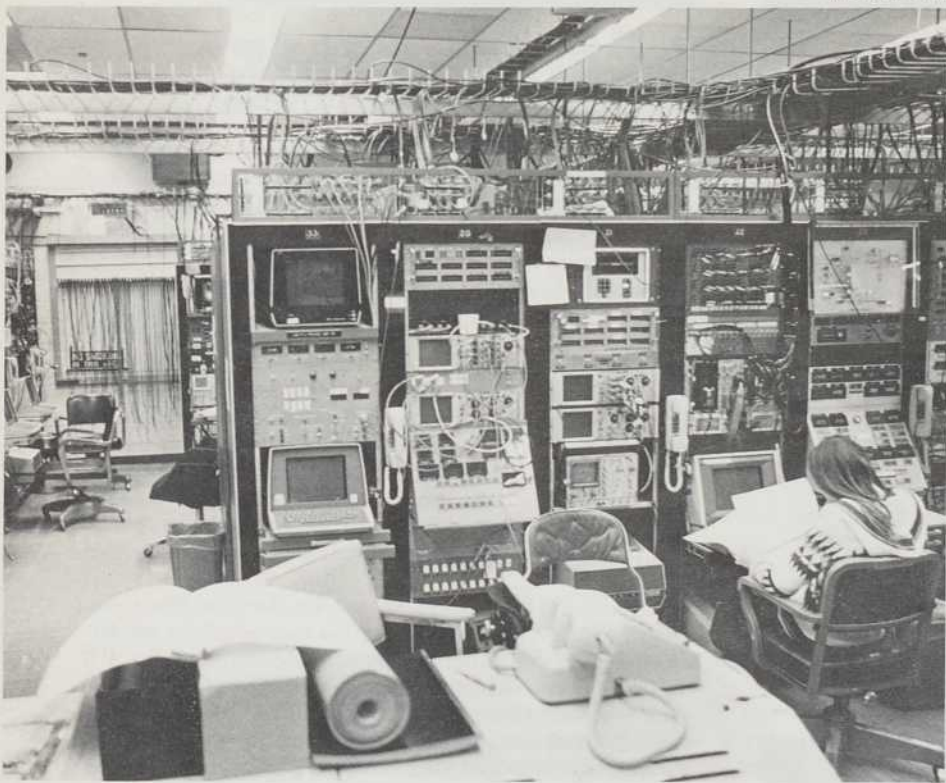
Toutefois, précisons-le immédiatement, ces «candidatures» ne viennent pas de l'Agence internationale de l'énergie, ou de son sous-groupe, l'International Fusion Research Council.

Paul Rutherford, un des quatre délégués américains à l'Intor Workshop que cet organisme a créé pour étudier la proposition soviétique, le précise bien: «Notre mandat est de nous rencontrer quatre fois cette année pour étudier les différents concepts qu'il faudrait mettre à l'essai dans un tel réacteur de démonstration, et d'essayer de voir dans nos pays respectifs si l'intérêt est suffisant face à une telle collaboration internationale. Si notre impression demeure favorable d'ici la fin de l'année, on recommandera sans doute la création d'un groupe technique international pour mener une véritable étude de conception du réacteur.»

Ce n'est donc pas avant la fin de 1981 que se posera formellement la question du site, et les travaux de construction de l'INTOR, si le projet aboutit, se situeront dans les années 1983-1986, pas avant. Peut-être après.



Jean-Guy Lebel



Le PLT est un réacteur expérimental, un laboratoire. On y effectue donc un nombre considérable de tests. Par exemple, on s'y prend de six façons différentes pour mesurer la température du plasma; quatre tests différents servent à mesurer l'impact des particules sur les parois de la chambre à vide. L'analyse de toutes ces données nécessite donc une salle de contrôle équipée d'ordinateurs complexes.

supra-conducteurs, c'est-à-dire refroidis à des températures proches du zéro absolu. Les injecteurs de particules neutres, les dispositifs de vidangeage des impuretés, les systèmes de contrôle, mais surtout les équipements d'alimentation en courant sont tous caractérisés par une haute technologie... et une certaine fragilité.

Quel sera le «bilan de fonctionnement» des centrales de l'avenir? Combien de fois par mois, par semaine (ou même par jour?) devra-t-on interrompre leurs opérations? Or, chaque «mise à feu» draine vers les électro-aimants une quantité formidable d'énergie électrique. Chaque arrêt réinjecte dans le réseau d'alimentation une quantité presque équivalente. Or, il n'y a rien de pire, pour un réseau complexe, que de telles variations brusques dans la demande. Faudra-t-il alors doter chaque centrale de sa propre alimentation électrique comme on le fait présentement pour les réacteurs expéri-

mentaux, ce qui en accroît considérablement le prix de revient?

Enfin, comme les problèmes de sécurité (radioactivité des composantes, émissions possibles de tritium, caractère inflammable du lithium) et le gigantisme des installations connexes risquent de repousser ces mastodontes du prochain siècle loin des zones urbanisées, on se retrouve une fois de plus face au problème des pertes thermiques. Comme dans les centrales thermo-électriques classiques, la génération d'électricité ne se fait qu'avec une efficacité de 30 à 45 pour cent. La différence, faute d'utilisateurs d'eau dans un rayon acceptable, elle est simplement dispersée dans les rivières!

LE MASTODONTE AU QUÉBEC

Une fois dressé ce tableau des difficultés, on ne s'étonnera guère de la réaction sceptique d'Amory Lovins devant les machines de Princeton. Pas plus qu'on ne sera surpris de la réaction plutôt hostile de Solange Vincent, animatrice de la Société pour vaincre la pollution, auteur de *La fiction nucléaire*, lorsque le quotidien *The Gazette* annonça la possibilité lointaine que le Québec soit le site du prochain réacteur expérimental international (voir encadré).

«D'abord, commente-t-elle, je me demande bien quelle part les entreprises québécoises et les chercheurs québécois vont avoir dans ce programme. Est-ce qu'on ne va que fournir un lopin de terre, et beaucoup de courant électrique qu'on va devoir payer de nos poches, nous les Québécois, en échange de quelques emplois scientifiques et de bien des emmerdements?»

Si le communiqué de presse émis par l'Institut de recherches en électricité du Québec (IREQ) s'empressait de répondre à cette question en annonçant qu'un tel programme international se traduirait par «des avantages énormes au plan du développement technologique pour l'implantation éventuelle de centrales et au plan économique en favorisant l'essor de petites et moyennes entreprises, et en stimulant l'achat de biens et de services auprès de fournisseurs locaux», il n'est pas du tout assuré que cet optimisme soit justifié.

Mises à part quelques entreprises spécialisées dans le domaine du nucléaire (comme Canatom, de Montréal) ou dans les équipements électroniques de pointe (comme MPB Technologie, une entreprise créée par le «père» de presque tous les spécialistes québécois des plasmas, M.P. Bachinsky), il y a présentement très peu de compagnies québécoises capables de participer à l'effort technologique requis pour un tel réacteur de démonstration. Certaines composantes devront être importées des États-Unis (les injecteurs neutres certainement), ou même d'aussi loin que l'Allemagne ou l'URSS (les ai-

mants supra-conducteurs de très grande puissance, sans doute).

«Dans le scénario le plus pessimiste, admet Richard Bolton, responsable du modeste programme de fusion par confinement magnétique entrepris cette année à Varennes, il nous resterait tout de même le béton et l'acier, et l'ensemble des petits travaux à faire sur place, dont certains nous permettraient d'acquiescer une haute compétence technologique.»

ATTENTION À L'EMBALLAGE

C'est sans doute pour profiter de cette compétence à rabais, par osmose en somme, que le ministre québécois de l'Énergie Guy Joron s'est empressé d'écrire à Ottawa, dès qu'il eut vent de ce

projet INTOR en décembre dernier, pour mousser la candidature de Varennes, en banlieue de Montréal, site actuel de l'IREQ. Il faut rappeler que le livre blanc de l'énergie, produit l'année dernière par ce ministre, écartait nonchalamment le débat nucléaire en faisant valoir nos ressources actuelles en hydro-électricité, en gaz ou en tourbe, mais en évoquant aussi pour le prochain siècle cette «ère de la fusion».

Toutefois, l'enthousiasme du ministre, tout comme celui des journalistes qui commentèrent cette «grande nouvelle» un peu prématurée, aurait sans doute été considérablement refroidi, s'ils s'étaient donné la peine de regarder la proposition initiale soumise par le chercheur soviétique Velikov.

Dans le programme soviétique en effet, les premiers réacteurs commerciaux comprennent non seulement une couverture de lithium qui freine les neutrons thermonucléaires et transporte la chaleur hors du cœur de la machine, mais aussi une couche d'uranium fertile ou de thorium qui, en absorbant ces neutrons, contribue non seulement à protéger la paroi métallique de la chambre à vide, mais génère au sein de celle-ci du combustible utilisable par la suite dans les centrales classiques (à fission).

En somme, dans ce concept d'un réacteur hybride fusion-fission, la rentabilité économique ne vient pas seulement de la chaleur produite et transformée en électricité, mais aussi de la fabrication de nouvelles réserves de matières fissibles

LES AUTRES VOIES DE RECHERCHE

Si la possibilité de faire fonctionner les tokamak en régime continu les place au tout premier rang des machines à fusion à usage électrogène, dans les programmes actuels, cela ne signifie pas pour autant qu'on ait abandonné les autres voies de recherche.

Ainsi, les efforts concernant l'implosion d'une billette de deutérium-tritium par des faisceaux lasers concentriques se poursuivent à l'Institut Lebedev en URSS, qui fut là aussi le véritable pionnier, en France (Limeil) et aux États-Unis (Los Alamos, Oakridge et Livermore, où l'on construit présentement le système laser le plus imposant au monde). L'INRS-Énergie s'est d'ailleurs associé à l'IREQ et à l'université Laval pour présenter dans le domaine des interactions laser-matière un modeste programme de recherche fondamentale, misant entre autres sur la grande compétence acquise au Québec dans le domaine de la technologie des lasers TEA.

Si la centrale au laser est sans doute plus lointaine que la centrale à enceinte magnétique, le «seuil de remboursement» thermique pourrait être atteint très prochainement en laboratoire.

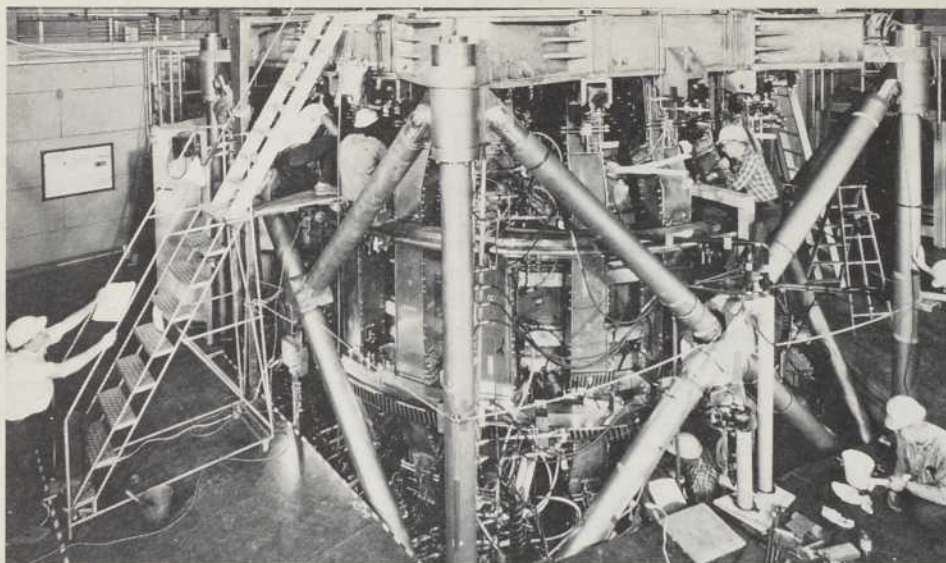
Mais c'est dans le domaine des machines «miroirs» que les progrès récents ont été les plus saisissants sans doute. Dans ces enceintes magnétiques où l'on cherche à utiliser une compression des lignes de champ pour amener les particules ionisées à «rebondir» sous l'action de leur propre force répulsive, les particules atteignant des vitesses thermonucléaires ne peuvent plus être efficacement retenues dans ces «goulots» imparfaits. Ou bien certaines d'entre elles se rencontrent et fusionnent, ou bien elles s'évitent et fuient de l'autre côté du goulot. Il s'ensuit que si l'on a pu, par chauffage externe (des hyperfréquences, par exemple, ou même par chauffage laser) atteindre

des températures «de fuite» de l'ordre de quelques centaines de millions de degrés au niveau des goulots, cet état est fugace et sans grand intérêt a priori.

Toutefois, on a découvert avec le 2X-II «b» du laboratoire Lawrence de Livermore qu'en injectant des particules neutres à basse énergie dans la chambre à vide, afin de compenser les pertes et de maintenir une haute densité dans le plasma, on parvenait à accroître considérablement le nombre de fusions, pour un investissement énergétique additionnel négligeable. Puis avec le Tandem Mirror Experiment (TMX), où deux machines miroirs sont simplement placés bout à bout, la densité obtenue dans le «goulot» central a enregistré un autre bond saisissant, s'approchant des résultats obtenus par le tokamak de Princeton.

Présentement, à Livermore comme à Novosibirsk en URSS, on s'est attelé à la construction d'une version géante de cet appareil miroir (le Mirror Fusion Test Facility) dont on espère qu'il atteindra des résultats comparables à ceux du TFTR de Princeton. L'étape suivante est d'utiliser ce MFTF dans une configuration en tandem, dont on espère qu'elle deviendrait le «réacteur de démonstration» de cette «filière thermonucléaire».

Le seul problème de cette seconde filière, c'est qu'elle a joui d'une moins grande publicité, parce qu'on n'y croyait guère en général, et qu'en conséquence son financement est plus modeste. Les études de conception technique des réacteurs y sont aussi moins avancées. Les résultats obtenus depuis deux ans montrent toutefois que l'approche par confinement «ouvert» (par opposition aux chambres toroidales des tokamak) n'est pas encore écartée de la course. Elle pourrait bien donner naissance un jour à des réacteurs plus petits et, par conséquent, moins coûteux.



Avec le PLT, on n'avait pu régler le problème des impuretés qui viennent salir le plasma. Ce dernier-né de Princeton, le PDX, est équipé d'électro-aimants additionnels qui, entre autres, attirent les impuretés émises spontanément par les parois métalliques.

pour les réacteurs actuels. Or, dans sa proposition initiale, Velikov suggérait que le réacteur INTOR soit aussi utilisé pour démontrer la possibilité technique de cette génération de combustible.

Paul Rutherford, directeur du groupe des recherches théoriques du Laboratoire de Princeton, et un des 16 membres du groupe «Intor Workshop» créé en décembre dernier par l'Agence internationale de l'énergie (AIE) pour étudier cette proposition, affirme aujourd'hui que ce caractère hybride du réacteur projeté ne sera sans doute pas retenu. «Aux États-Unis, nous avons toujours été conscients de l'hostilité que soulèverait dans le public la fusion thermonucléaire, si elle s'accompagnait d'une génération planifiée de plutonium ou d'uranium fissible. Aussi notre programme de fusion a-t-il été conçu en fonction d'un objectif de fusion pure. Et le mandat que s'est donné notre «atelier» international n'a pas retenu cet aspect comme essentiel à la future machine Intor.»

Pas essentiel? Peut-être, mais pas nécessairement abandonné pour autant. Et l'incertitude est suffisante pour réclamer de nos responsables politiques qu'ils lisent bien l'étiquette, avant d'acheter un tel programme international. Question de s'assurer que l'emballage ne contient pas... de plutonium!

L'APPORT QUÉBÉCOIS

En attendant la concrétisation de ce rêve, qui ne viendra certes pas avant deux ou trois ans, et peut-être pas au Québec, les chercheurs d'ici pourront toutefois rejoindre les rangs des pionniers internationaux de la fusion par confinement magnétique, puisque le gouvernement fédéral a enfin acquiescé cette année à une demande

vieille de quatre ans: un programme canadien de fusion thermonucléaire par tokamak.

Dans un premier temps, des chercheurs de l'IREQ, de l'INRS-Energie, de l'Université de Montréal, de Canatom et de MPB Technologie poursuivront conjointement une étude de conception d'une petite machine toroïdale d'un diamètre probablement inférieur à deux mètres.

Quoique modeste par ses dimensions et par son coût, le projet peut sans doute encore s'inscrire dans quelque «créneau» inexploré de la technologie de la fusion, et fournir ainsi une contribution valable sur le plan international. On envisage, par exemple, d'alimenter directement les aimants à partir du réseau de l'Hydro-Québec, sans installations intermédiaires de génération ou d'accumulation de puissance. On pourra donc étudier pour la première fois les contraintes d'équilibre que poserait un fonctionnement intermittent, en profitant du fait qu'un réseau hydraulique jouit d'une inertie plus grande qu'un réseau alimenté principalement par des centrales thermiques.

Dans le domaine du vidage des impuretés qui s'accumulent au cœur de la chambre à vide, le fait de disposer d'un petit appareil augmente le niveau de difficulté (plus le réacteur est petit, plus le rapport de la surface des parois au volume de confinement est grand, et plus il est difficile de garder un plasma propre). En conséquence, c'est un domaine où une équipe travaillant avec un petit appareil peut apporter une contribution encore plus remarquable à la solution des problèmes fondamentaux. Il en est de même pour les études de résistance des matériaux en conditions d'opérations, et pour un certain nombre d'autres problèmes théoriques.

Pour l'instant, il est encore trop tôt pour savoir exactement où se situera le tokamak québécois dans l'ensemble du programme mondial de fusion. Ce qui est sûr, c'est qu'aux yeux des chercheurs québécois, il devrait au moins leur fournir certaines données nouvelles, susceptibles de servir de «monnaie d'échange» pour acquérir progressivement une connaissance complète de ce domaine fascinant de la fusion thermonucléaire.

VERS DEMAIN

Malgré toutes les difficultés qui éloigneraient sans doute le premier réacteur commercial du mythe de l'énergie inépuisable et propre qu'annoncent encore certains physiciens (dont les «apôtres» de la Fusion Energy Foundation) il n'en reste pas moins que, si la technologie se complexifie, les questions de sécurité et de pollution radioactive ne semblent pas se poser encore dans les mêmes termes que pour les centrales à fission.

Et si l'on admet que la complexité technologique et l'ampleur d'un défi ne doivent pas constituer, *a priori*, une raison suffisante pour renoncer à le vaincre, on doit dès lors reconnaître que la fusion jouera sans doute un rôle plus important que la fission dans le coquet énergétique du prochain siècle.

Un témoignage optimiste en tout cas: en 1968, lorsque les Soviétiques annoncèrent les performances de leur premier tokamak, Robert Hirsch, alors à l'emploi d'Exxon, conçut, par simple imagination, ce qui pourrait devenir un programme américain de fusion par tokamak; un échancier arbitraire qui allait des petits tokamak au «test de fusion», puis au «démonstrateur» suivi du prototype, avec dans chaque cas des dates approximatives et des «performances probables»; il n'avait aucune idée des problèmes que les ingénieurs allaient rencontrer et devoir contourner, mais son échancier a jusqu'ici été suivi à la lettre.

Rarement un programme de recherche n'aura placé les scientifiques face à autant de problèmes fondamentaux. Rarement pourtant, la progression d'ensemble aura été aussi régulière, aussi «sans surprise». En mars 1973, *Québec Science* publiait un dossier complet sur la recherche en fusion. Certains fronts de recherche ont depuis lors été abandonnés, mais dans l'ensemble, les pronostics d'alors se voient tous confirmés aujourd'hui. Les machines sont plus complexes qu'on les concevait alors, mais les résultats suivent la courbe annoncée.

Les premiers réacteurs devraient donc «produire» leur courant peu après le tournant du siècle comme prévu. Reste à savoir de quoi ils auront l'air, et à quelle distance ils seront des promesses des pionniers de cette énergie «inépuisable et propre».

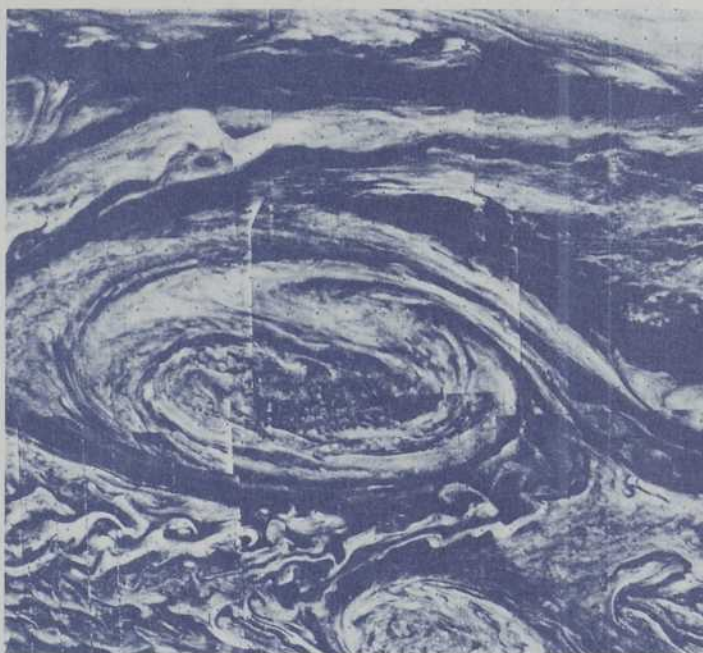
ASTRONOMIE

RENCONTRE AVEC UN GÉANT

En août et septembre 1977, la NASA lançait deux vaisseaux de type Mariner vers Jupiter et Saturne. On voulait alors profiter d'un certain alignement de deux planètes qui permettrait de se servir du puissant champ magnétique de la plus grosse planète du système solaire pour accélérer Voyager 1 et Voyager 2 et les diriger vers Saturne, un peu à la façon d'un énorme lance-pierres. Le 5 mars dernier, après un long voyage de 18 mois, le premier Voyager atteignait son point de moindre approche de Jupiter. Il passait à seulement 277 600 kilomètres de la planète et atteignait sa plus grande vitesse, 104 500 kilomètres à l'heure. Équipé de dix instruments scientifiques (spectromètres à l'infrarouge et à l'ultraviolet, détecteurs de rayons cosmiques, antenne à micro-ondes) et de deux caméras de télévision, il inondait les chercheurs de la NASA sous un déluge de données scientifiques et de photographies en couleur (près de 15 000). De quoi les tenir occupés pendant plusieurs années.

Voyager 1 nous a révélé une planète Jupiter en pleine activité, contrairement à ce que Pioneer 10 et 11 nous avaient montré en 1973 et 1974. Voyager 1 a détecté, entre autres, la présence de grosses tempêtes électriques dans l'atmosphère jovienne. Il a aussi photographié en détail plusieurs systèmes atmosphériques, telle la Grande Tache Rouge. Cette dernière n'est pas la seule perturbation de ce genre dans l'atmosphère de Jupiter, mais c'est la seule à avoir de telles dimensions — 40 000 à 50 000 kilomètres — et à persister pendant aussi longtemps. Elle aurait été remarquée pour la première fois par l'astronome italien Giovanni Cassini en 1622.

Une partie importante de la mission des deux Voyager consiste à étudier et à photographier les plus importants des 14 satellites qui orbitent



Montage de 12 photos prises le 4 mars à une distance de 1,8 million de kilomètres de Jupiter. La forme des nuages au centre de la Tache Rouge semblerait indiquer un milieu plutôt calme, alors que les nuages autour de la Tache se déplacent rapidement dans le sens contraire aux aiguilles d'une montre. Les plus petits nuages visibles sur cette photo ont des diamètres d'environ 30 kilomètres.



Sur cette photo prise le 26 février à une distance de 50 millions de kilomètres de Jupiter, on peut déjà distinguer des détails dans le système de bandes ainsi que dans la Tache Rouge. Même à cette distance, les photos prises par les caméras de télévision de Voyager ont déjà une résolution supérieure à celle des photos prises avec des télescopes terrestres.

autour de Jupiter, et en particulier les quatre satellites galiléens — Io, Europa, Ganymède et Callisto — découverts par Galilée en 1610 avec un nouvel instrument qui venait juste d'être inventé, le télescope.

Io s'est avéré le plus intéressant. Ce satellite, de dimensions semblables à notre Lune, aurait au moins huit volcans actifs. Sous une faible «atmosphère» d'atomes de sodium, il présente une surface plutôt lisse, presque sans cratères d'impact; la couche extérieure de Io est probablement âgée de moins de dix millions d'années. Pour la première fois aussi, on a pu «voir de près» la surface de quatre autres satellites, y compris le minuscule Amalthée qui orbite très près de la planète, si près en fait qu'il a une forme allongée avec l'axe le plus long pointant vers Jupiter.

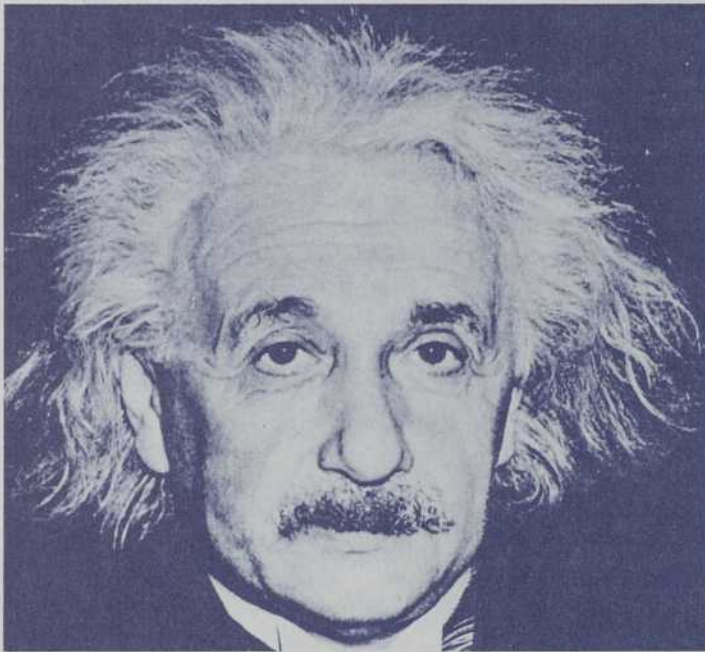
Sur les photos de Ganymède, plus gros que Mercure mais dont la densité est à peine deux fois celle de l'eau, on a remarqué certaines marques qui pourraient être, selon le Dr Soderblom de l'United States Geological Survey, le résultat de mouvements semblables aux mouvements des plaques sur la Terre. Europa a une surface de couleur blanc orange, presque sans cratères mais avec un grand nombre de sillons, dont certains sont larges de 100 kilomètres et longs de plusieurs milliers de kilomètres. Quant à Callisto, dont la surface semble gelée, il aurait, selon le Dr Gary Hunt de l'University College de Londres, la plus grande densité de cratères dans tout le système solaire.

En juillet, ce sera au tour de Voyager 2 de rendre visite à Jupiter et de tenter de répondre à plusieurs questions que Voyager 1 a déjà soulevées. Quant à ce dernier, il est déjà en route pour un rendez-vous avec Saturne en novembre 1980.

Claude Faubert

PHYSIQUE

UN POINT DE PLUS POUR EINSTEIN



Son nom est PSR 1913+16. C'est une sphère de matière si dense que protons et électrons se sont combinés pour former des neutrons; d'un diamètre de plus d'un million de kilomètres durant sa vie active, cette étoile s'est «recroquevillée» sur elle-même, la pression interne ne pouvant plus contrebalancer la force écrasante de sa gravité. Maintenant son rayon n'atteint qu'un maigre cinq kilomètres. Tournant rapidement sur elle-même (59×10^{-3} s en moyenne), elle projette, un peu comme un phare qui balaie le ciel, des particules et des radiations, fruits de violents orages se déchaînant sur une région précise de sa surface. PSR 1913+16 est un pulsar. Il forme avec un compagnon «invisible» un système double. Depuis quatre ans, les astronomes l'observaient à l'aide du puissant radiotélescope de 305 mètres d'Arecibo (Porto Rico). Aujourd'hui, la somme de ces observations permet de confirmer l'existence des ondes gravitationnelles prédites depuis 50 ans par la relativité généralisée.

En relativité, il n'existe plus de force de gravité mais bien plutôt des champs de gravité; champs décrits par la déforma-

tion qu'ils imposent à l'espace et dont le potentiel dépend de la masse. Einstein, en posant les équations de la relativité généralisée, fut amené à postuler l'existence d'ondes transportant l'énergie dans ces champs gravifiques. D'après la théorie, tout corps en mouvement émet un rayonnement gravitationnel; malheureusement, quelques calculs montrent rapidement que les ondes émises possèdent une intensité beaucoup trop faible pour pouvoir être détectées en laboratoire. Ainsi, un cylindre long de 20 mètres et d'un diamètre d'un mètre, pesant 500 tonnes et effectuant cinq rotations par seconde émettra des ondes au taux de $2,2 \times 10^{-22}$ erg/s. À ce rythme de dépense d'énergie, le cylindre ne s'immobilisera qu'au bout de mille milliards de milliards d'années. Einstein évalua la diminution d'énergie pour un système stellaire binaire et en vint à la conclusion que toute perte d'énergie par radiation gravitationnelle était si faible que, dans tous les cas concevables, on pouvait qualifier l'effet de négligeable. Mais il ne savait pas, comme ses contemporains, que l'espace recelait des corps aussi denses que les étoiles à neutrons et

les trous noirs, constituant d'excellents laboratoires d'astrophysique relativiste. Il suffit de remplacer, dans son calcul, une des deux composantes du système double par une étoile à neutrons (ce qu'est un pulsar) pour que l'espoir renaisse.

J. Taylor, L. Fowler et P. McCulloch de l'Université du Massachusetts présentaient au dernier symposium d'astrophysique relativiste du Texas les résultats de plus de mille séances d'observation du dit pulsar, échelonnées sur quatre ans. À l'aide de méthodes statistiques, ils ont pu dresser son «profil standard» avec une précision de 50 millionèmes de seconde. Fait important, pour la première fois au monde, l'équipe a pu déduire la masse du pulsar (1,39 soleil) et celle de son compagnon (1,44 soleil). Ce dernier résultat indique la nature du compagnon: une étoile à neutrons aussi.

Enfin, point primordial de l'exposé de M. Taylor, PSR 1913+16 tourne autour de

son compère de moins en moins rapidement, attestant de la réalité des ondes gravitationnelles. Durant ces quatre dernières années, les astronomes observèrent une réduction régulière de sa période: un dix millièmes de seconde par an, ce qui correspond parfaitement avec les calculs de la relativité généralisée. En plus de cette constatation, l'équipe de chercheurs a aussi rapporté la détection de trois autres effets relativistes, dont l'avance du périastre, l'analogue de l'avance du périhélie observée pour Mercure.

Après la supergravitation, remettant sur le tapis «le rêve d'une théorie unitaire», voici la confirmation de l'élément le plus révolutionnaire de la théorie d'Einstein: les ondes de gravité. Décidément, le centenaire de l'illustre savant aura donné lieu à la finalisation de son œuvre.

Claude de Launière

ÉDUCATION

UNE GÉOGRAPHIE EN MOUVEMENT

Plusieurs d'entre nous se souviennent d'avoir suivi des cours de géographie donnés un peu à la sauvette, à partir de cartes ternes où le Canada était tellement intégré dans l'Amérique du Nord qu'une frontière à peine visible le séparait des États-Unis. On se souvient des heures passées à apprendre mécaniquement le nom des capitales de pays et de leurs ressources primaires sans avoir aucune idée de leur réelle signification géographique ou économique. Jusqu'au jour — en 1968 — où des Ontariens, Krueger et Corder, rédigerent un manuel de géographie du Canada qui fut traduit et utilisé par les écoles secondaires du Québec. Deux professeurs de la Régionale des Mille-Îles, Gaston Joyal et Gaston Giroux, ont donc décidé de mettre au point un manuel de géographie beaucoup plus adapté à la compréhension de notre milieu immédiat.

On y met l'accent sur le Québec et ses régions, ses industries, ses ressources primaires, ses activités secondaires et tertiaires, ses caractéristiques physiques; et une fois toutes ces réalités bien campées dans le milieu environnant québécois, elles sont mises en parallèle avec les particularités des autres parties du Canada. Et cette perspective est d'autant plus éclairante qu'elle est étayée de réalités très concrètes. Ainsi en est-il des schémas illustrant les technologies modernes employées dans l'industrie de la pêche ou ceux expliquant les différents stades de l'exploitation forestière. On y explique aussi la vaste chaîne de fabrication du papier à partir de la coupe du bois à pâte jusqu'à la production finale de gros rouleaux de papier. Le tout étant complété par un tableau-synthèse très complet des différents produits du bois. Le pas suivant à réaliser pour

compléter cette approche pédagogique dynamique serait bien sûr d'organiser des visites d'usines de transformation, de mines, d'industries, de centrales hydro-électriques, etc. Sans doute, en tout cas, ce livre incitera-t-il les élèves à faire de telles visites. Tous les schémas — et ils sont abondants — ont l'avantage d'être à la fois très explicites et fort simples.

Témoin de son temps, ce livre réserve une part importante aux grandes questions de l'heure: énergie, pollution et infrastructure économique. Il ne s'agit plus ici d'une géographie statique, mais bien d'une géographie qui propose un canevas d'analyse des forces vivantes d'une société. Pour comprendre la crise du pétrole, il faut d'abord comprendre le travail de prospection et de forage des puits de pétrole, il faut aussi savoir dans quels sols et dans quels pays on en trouve ou serait susceptible d'en trouver. Il est important aussi de pouvoir mettre le pétrole en relation avec les autres sources d'énergie pour les situer dans le contexte des besoins énergétiques futurs du Québec. Et c'est en mettant ensemble toutes ces données, que nous fournit ce livre, que l'étudiant du secondaire comprendra pourquoi la crise du pétrole fait la manchette des journaux. Il en est de même pour la question du nucléaire et pour les nombreuses pages qui expliquent en un clin d'œil les différents types de centrales hydro-électriques du Québec et leur potentiel électrique ainsi que les plans d'expansion en cours à la baie James. À cela s'ajoute une description du fonctionnement des centrales thermiques et nucléaires ainsi que de leurs avantages et inconvénients respectifs.

Sans faillir à ses objectifs d'abord pédagogiques, ce livre témoigne aussi d'une démarche journalistique en ce sens qu'il fourmille de statistiques très récentes, tel un schéma rappelant le détail de nombreuses fermetures d'industries du textile de 1969 à 1976, ou encore des listes comparatives des intérêts canadiens, américains ou québécois dans les industries implantées au Québec. Ces capsules d'information

rendent ce livre intéressant même pour ceux qui ont fini leur secondaire depuis longtemps et qui voudraient se rafraîchir la mémoire sur certaines données de leur environnement géographique — au sens large du terme bien entendu.

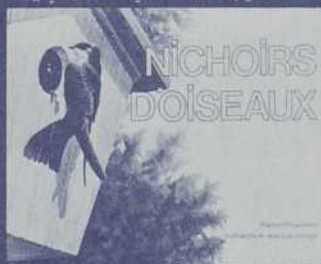
Il est important de noter aussi la démarche minutieuse des auteurs qui ont visité plusieurs ministères fédéraux et provinciaux, sociétés et compagnies afin d'y trouver la documentation et les statistiques appro-

priées. Dans certains cas, ils ont même soumis certains chapitres à l'analyse de spécialistes de l'industrie ou de l'Hydro-Québec, entres autres, pour s'assurer de la justesse de leurs explications. Ce manuel pédagogique, qui est aussi un livre d'actualité est adopté par de plus en plus de commissions scolaires au Québec. Détail intéressant, le ministère de l'Éducation de l'Ontario ainsi que celui du Nouveau-Brunswick viennent de l'inclure dans la liste de manuels re-

commandés pour l'enseignement de la géographie au secondaire... Peut-être cela aidera-t-il les jeunes Ontariens du secondaire à avoir tôt «le goût du Québec»...

Liliane Besner

À la découverte des oiseaux du Québec...



vient de paraître
NICHOIRS D'OISEAUX

par Raymond Cayouette
illustrations de Jean-Luc Grondin

La description de 20 espèces d'oiseaux qui occupent les nichoirs. Des trucs pour les attirer et les faire nicher. Plus de 25 modèles de maisonnettes. 18 planches en couleur. 36 pages, illustrées en couleur, \$4.00

nouvelle édition
LES OISEAUX DU QUÉBEC

par Raymond Cayouette
et Jean-Luc Grondin

L'habitat, les mœurs, le nid, le chant, la distribution, les migrations et lieux d'hivernage de 243 espèces d'oiseaux du Québec. Un complément idéal aux guides d'identification sur le terrain. 120 pages, illustrées en noir et blanc, \$5.00



GUIDE SONORE DES OISEAUX DU QUÉBEC

Vol. 1

réalisé par Jean Bédard

Disque microsillon présentant les chants et les cris de plus de 80 espèces d'oiseaux du Québec enregistrés en pleine nature. Un outil indispensable pour l'identification des oiseaux et l'enseignement des sciences naturelles. \$5.40 (taxe incluse)



LES ÉDITIONS DE LA SOCIÉTÉ ZOOLOGIQUE DE QUÉBEC, INC.

Nom

Adresse

..... Code postal.....

Nichoirs d'oiseaux \$4.00
 Les Oiseaux du Québec \$5.00
 Guide sonore des oiseaux du Québec \$5.40

Chèque ou mandat à l'ordre de
La Société zoologique de Québec, inc.
 8191, avenue du Zoo,
 Charlesbourg, Qué. G1G 4G4

CES CHIERS



ANCÊTRES

par Luc Chartrand

Montréal au futur antérieur

«Montréal-Paradis»: c'est le nom que portera Montréal en l'an 2005! Selon le tableau futuriste publié par La Presse du 21 octobre 1905, la métropole du Québec aura connu un tel essor au cours du 20^e siècle, qu'après avoir englobé tous les conseils municipaux de l'île de Montréal, elle deviendra une véritable province, avec son parlement et dirigée par un parti unique. La surface habitée de l'île, n'occupant qu'une infime fraction du territoire en 1905, s'étendra 100 ans plus tard de Pointe Claire à Pointe-aux-Trembles. L'île Sainte-Hélène sera devenue une sorte de «Coney Island», véritable Eden populaire.

Trois quarts de siècle plus tard, force nous est de constater que cette vision grandiose a traversé les lourdes portes de bronze de l'hôtel de ville et a trouvé ses défenseurs au conseil municipal. Le plan de développement imaginé en 1905, malgré quelques erreurs techniques tout à fait compréhensibles, se résumait au message suivant: en 2005, Montréal sera «sur la carte». Qui oserait en douter aujourd'hui?

A noter, ces curieuses prédictions ne furent pas l'œuvre de savants planificateurs urbains. C'est un mage nommé Papou-Gaba-Abidos, prophète venu d'Extrême-Orient, qui se présenta aux bureaux de La Presse pour y annoncer la bonne nouvelle. Il fit d'abord quelques révélations très vagues sur l'avenir de la cité mais se refusa à entrer dans les détails. «Il n'est pas dans l'ordre naturel des choses, dit-il, de dévoiler l'avenir aux peuples.»

— «Mais alors, vénérable mage, hasarda un journaliste, à quoi peut bien servir votre qualité de prophète?»

Le bon vieillard parut frappé de l'objection. «C'est vrai, fit-il songeur... Et bien soit, apprenez ce que l'avenir vous réserve.»

Voici donc dans les moindres détails les paroles que prononça l'illustre Papou-Gaba-Abidos devant les scribes abasourdis du quotidien montréalais.

«Dans cent ans, la ville de Montréal occupera la totalité de l'île qui porte aujourd'hui ce nom. Son importance sera telle, qu'elle jouira d'une autonomie complète, à l'instar des provinces de la confédération. Elle n'aura plus un conseil municipal; elle aura un parlement. De sorte que les conseillers municipaux, après avoir aboli par absorption les conseils municipaux des localités voisines, seront abolis à leur tour.

«Dans cent ans, les progrès de l'industrie auront tout transformé, et il y aura plus de différence entre les conditions de la vie actuelle et celles qui existeront alors, qu'entre les conditions de notre existence présente et celles de l'homme primitif d'avant l'âge de pierre.

«Toutes les tribulations qui nous assiègent, toutes les détresses qui nous accablent, tous les maux qui nous affligent seront à jamais disparus.

«Il n'y aura plus ni riches, ni pauvres; ni grands, ni petits; ni maîtres, ni esclaves. Ce sera le règne de la fraternité qui s'épanouira dans une Salente égalitaire.

«Toutes les maisons seront luxueuses et confortables et l'électricité aura remplacé les services publics.

«Plus de demoiselles de téléphone: les communications s'établiront d'elles-mêmes, automatiquement.

«Plus de pompiers: une pression sur un bouton, et un extincteur chimique aura raison du fléau naissant, ne laissant d'autre trace de son action qu'un parfum suave.

«Plus de «policemen»: la pureté des mœurs les aura relégués parmi les souvenirs des temps barbares.

«Plus de juges, plus d'huissiers, plus de prison: le degré de perfection et de probité sociale aura rendu ces fonctions inutiles et ces édifices sans destination.

«Plus de cochers, de fiacres: l'urbanité des citoyens en aura provoqué l'anéantissement.

«Plus de tramways, plus d'automobiles: la lenteur de ces véhicules d'un autre âge les aura fait rejeter. Ils seront remplacés par des aéronefs dont la vitesse dépassera la vitesse des hirondelles.



«Plus de journaux: les nouvelles seront enregistrées sur des cylindres phonographiques et transmises, à toute heure du jour et de la nuit, au domicile des abonnés, qui n'auront que la peine de tourner une petite clef pour en ouïr le récit.

«Plus de facteurs: les lettres et matières postales seront livrées à domicile à l'aide d'un tube pneumatique qui desservira également les citoyens, leur épargnant la peine de se rendre au bureau de poste.

«Plus de neige, ni de glace dans les rues et sur les toitures: un système de chauffage électrique souterrain élèvera la température l'hiver au degré constant convenable pour les chambres de malades. Le produit liquide de la fonte de la neige s'écoulera instantanément par de vastes égouts creusés sous toutes les voies de la ville.

«Plus d'interruption dans la navigation: à l'aide de petites masses de radium judicieusement réparties dans des stations sous-fluviales, le Saint-Laurent demeurera libre de glace pendant toute l'année. Les froids les plus rigoureux ne pourront rien contre le précieux agent calorifique.

«La ville occupera toute l'étendue de l'île de Montréal. De vastes avenues plantées de décoratifs et odorants paulownias (arbre d'ornement d'Extrême-Orient), la traverseront en tous sens. Les distances seront nulles grâce aux flottilles d'aéro-nefs dont les véhicules aériens se succéderont le jour de seconde en seconde et la nuit de minute en minute.

«Les maisons seront construites selon une formule qui classera nos palais actuels parmi les taudis. Le chauffage, l'éclairage, l'heure, la réfrigération seront produits par une source unique, l'électricité, qui distribuera ces bienfaits à domicile.

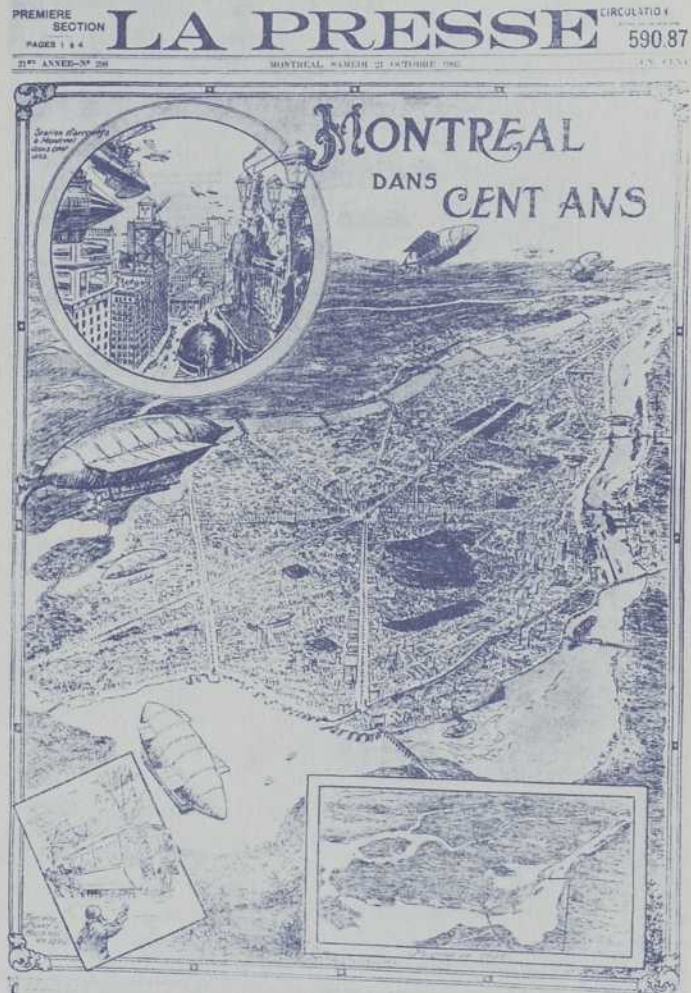
«Les impôts de toute nature seront abolis; ils seront remplacés par des contributions volontaires qui excéderont toujours les besoins de la grande ville idéale.

«Il n'y aura plus de rivalités politiques, attendu qu'il n'y aura plus qu'un seul parti, celui de la fraternité. Les députés seront pris parmi les citoyens volontaires, qui verseront au fonds public une somme de \$15 000 par année, juste prix de l'honneur qui leur sera accordé. En égard à la population et au grand nombre de citoyens dévoués aux intérêts généraux, le nombre de députés sera porté à mille, ce qui produira un revenu de 15 millions de dollars. Cette somme, ajoutée au milliard donné à la ville par un riche Américain, émule de Carnegie, à la condition que l'avenue principale qui coupe la ville dans sa longueur porte son nom à la postérité, formera un budget total de 65 millions (calcul de Papou-Gaba-Abidos), qui, ajouté aux contributions volontaires, constituera une somme suffisante pour entretenir les dynamos chargés de faire le bonheur des mortels qui peupleront Montréal-Paradis.

«Pour tout dire, il ne subsistera que l'ordre des avocats. Ils seront recrutés parmi les descendants de ceux qui pratiquaient leur noble profession en 1910, date du commencement de l'évolution dont je vous annonce l'épanouissement. Mais le rôle des avocats sera d'ordre purement académique; ils seront chargés de perpétuer l'éloquence de leurs aïeux et de conserver intacte dans les masses, la belle langue française dont seuls ils avaient le secret.

«Voilà l'avenir brillant réservé à votre belle cité, qui, je le dis en toute sincérité, est bien digne de ces accablants bonheurs.»

«Nous étions haletants et plongés dans la volupté d'un rêve féérique,» poursuit le reporter de La Presse.



— Mais, dit l'un d'entre nous, Mage, êtes-vous sûr que dans cent ans Montréal aura atteint ce degré idéal de perfection?»

Papou-Gaba-Abidos fixa sur nous un regard sévère. Il semblait indigné par la manifestation de notre doute. Il allait nous pulvériser d'une apostrophe indignée, mais il eut pitié de nous en songeant à la fragilité de notre esprit et à la faiblesse de nos facultés conceptives. Il sourit avec indulgence et se borna à répondre en se levant: «Vous le verrez bien.»

Puis il se retira majestueusement.

Cet aperçu paradisiaque, on s'en doute, ne manqua pas de faire rêver les Montréalais de 1905. Le grand bouleversement devait commencer cinq ans plus tard et pourrait satisfaire tout le monde, des disciples de Mahara Ji aux enfants de Lénine. Tout le monde, sauf peut-être ce Montréalais qui naquit quelques mois seulement après la date prévue pour le «grand commencement» et qui joindrait plus tard l'ordre des avocats. Celui-ci, s'il avait lu les propos de Papou-Gaba-Abidos, aurait probablement songé: «Montréal une province? Quel manque d'envergure!»

PARUTIONS RÉCENTES

LE LIVRE DES MAISONS SOLAIRES



par Donald Watson, traduit de l'américain par Roger Camous, Éditions l'Étincelle, Montréal, 1979, \$13.95

Parmi tous ces individus projetant de se bâtir, qui ne pense pas secrètement à la possibilité de s'installer un système de chauffage à l'énergie solaire? Plusieurs l'envisagent, peu le réalisent. Pourtant les techniques sont maintenant assez bien connues; les coûts deviennent rapidement très acceptables.

L'énergie solaire reste encore très mystérieuse pour la plupart des gens. Heureusement, les publications se font plus nombreuses et plus accessibles pour répandre les connaissances de base sur l'utilisation de cette énergie douce. Une autre traduction vient s'ajouter aux quelques parutions sur ce sujet: il s'agit du livre d'un architecte américain, traduit et présenté par un architecte de l'Université de Montréal.

Le livre des maisons solaires est conçu pour répondre aux questions de ceux qui veulent profiter des bienfaits de l'énergie du soleil. Il s'agit d'une véritable mine de renseignements techniques sur l'énergie solaire appliquée au bâtiment.

Un grand nombre de techniques y sont présentées et expliquées de façon très pratique, des systèmes passifs les plus simples aux systèmes actifs les plus sophistiqués. Le lecteur y retrouvera, dans un style bien vulgarisé, les connaissances nécessaires et suffisantes pour comprendre les principes de l'utilisation de l'énergie solaire. Le style pratique et fortement illustré des explications aidera sûrement le constructeur amateur à concevoir et même à construire sa propre maison solaire.

Mais attention! Ce livre n'est pas réservé aux seuls constructeurs d'habitations solaires. Tout

individu en instance de se construire une maison bien ordinaire, d'aménager les abords de sa résidence, de modifier ses installations de chauffage de l'eau ou d'améliorer les performances énergétiques de son habitation devrait d'abord consulter au moins quelques pages de cet ouvrage. Les trucs de «l'Eco-design», la conception efficace d'un bâtiment du point de vue énergétique et écologique, sont à la portée de tous. Sans représenter des économies considérables, ces techniques rendent possible une qualité d'habitation peu commune.

En plus de suggestions de plans de construction, on peut aussi trouver dans le livre des maisons solaires de nombreuses photographies de maisons construites, de même que quelques noms de fournisseurs et des sources de renseignements techniques accessibles en France, au Québec et aux États-Unis. Bref, un livre qui doit faire partie de la bibliothèque des adeptes des énergies douces.

André Delisle

QUÉBEC: TROIS SIÈCLES D'ARCHITECTURE

Québec

trois siècles d'architecture



Luc Noppen, Claude Paulette et Michel Tremblay, Éditions Libre expression, Québec, 1979, 456 pages, 950 illustrations, \$35.00 (chez l'Éditeur officiel du Québec ou ses distributeurs)

En feuilletant ce livre, on a l'impression d'avoir chez soi tout un dépôt d'archives iconographiques et photographiques. Il faut avoir passé des heures dans des salles où des milliers de documents sont accumulés pour rechercher seulement quelques-unes des gravures présentées ici pour comprendre l'énorme travail que cela représente.

Cet ouvrage n'a que des qualités: un très grand format qui permet de voir l'évolution d'un bâtiment d'un seul coup d'œil avec plusieurs illustrations, une très bonne reproduction des

dessins et des photographies et une très belle représentation graphique due à Michel Tremblay, responsable du graphisme au ministère des Communications. Les deux autres auteurs ont aussi toute une expérience derrière eux. Luc Noppen, professeur d'histoire à l'université Laval, a déjà publié plusieurs livres et articles sur l'architecture au Québec. Claude Paulette, grand amateur de tout ce qui concerne le passé du Québec, est responsable de collection «Connaissance du Québec» chez l'Éditeur officiel.

Québec: trois siècles d'architecture présente d'une part l'évolution architecturale de toute la ville en tant qu'ensemble et, d'autre part, l'évolution d'un certain nombre d'édifices (maisons, églises, fortifications, etc.) pris séparément. C'est une excellente banque d'informations sur l'histoire de l'architecture quand on sait que Québec est une des plus vieilles villes d'Amérique du Nord. Le livre, intéressant autant pour les amateurs d'histoire, d'architecture ou de patrimoine que pour les chercheurs, contient, en plus de documents connus, un certain nombre d'illustrations inédites, une bibliographie et un index. Les ouvrages du genre d'une aussi bonne qualité sont fort rares.

François Picard

celles, beaucoup moins fictives, que l'on peut trouver un peu partout dans le monde... ou à Gentilly. Les auteurs de ce livre dédié «aux jeunes gens à partir de 13-14 ans» utilisent le prétexte d'une aventure pour expliquer et vulgariser des découvertes scientifiques et technologiques actuelles, leur impact sur l'évolution de la société et les problèmes politiques et écologiques qu'elles entraînent.

Le texte, très vivant, est bien écrit et on a envie de lire le livre d'une seule traite. Le lecteur doit cependant prendre conscience du message pro-écologique et anti-nucléaire que Michel Correntin et Gil Lacq font glisser sur et entre les lignes. C'est une sorte de roman d'initiation à une prise de conscience des dangers du progrès et, pour les rendre plus évidents, les avantages de ce progrès sont passés sous silence.

François Picard

Derniers livres reçus

La sexualité dans les institutions

dossier préparé par Armando Verdiglione
Petite bibliothèque Payot, Paris, 1978
(édition italienne, 1976), 179 pages, \$5.25

La société de conservation. Étude sémiologique des cimetières d'Occident

Jean-Didier Urbain
Payot, Paris, 1978, 476 pages, \$34.65

Les structures anthropologiques de la folie en Afrique Noire

I. Sow
Payot, Paris, 1978, 197 pages, \$19.25

TV. Essai sur la représentation et la communication

Jean-Marie Touratier
Galilée, Paris, 1978, 126 pages, \$11.91

Vents, nuages et tempêtes

Jean Bessemoulin et Roger Clausse
Éditions Maritimes et d'Outremer, France, 1978, 253 pages, \$26.00

Vrai ou faux, docteur? Votre santé en 100 questions

Léopold Bravermann, préface de Jean-Paul Escande
Denoël, Paris, 1978, 187 pages, \$9.95

EN VRAC

UN COCHON HEUREUX EST UN CHOCHON GRAS

Si les hommes sont normalement plus heureux et plus en santé lorsqu'ils sont bien logés, pourquoi en serait-il autrement pour le cochon? Des chercheurs de l'Institut national de génie agricole de Silsoe, en Angleterre, se basant sur cette prémisse, ont développé un modèle montrant comment les cochons dégagent de la chaleur, et l'influence de cette émission sur l'air ambiant; ce modèle



prenait aussi en considération les niveaux de nourriture, le poids du cochon, la surface de plancher, le processus de défécation et même le degré de ventilation. Les chercheurs ont alors énoncé des lignes de conduite pour la ventilation des porcheries en vue d'améliorer le bien-être général des occupants. Si les fermiers suivent ces règles pour la construction des nouveaux hébergements des cochons, il y a tout lieu de croire que ces animaux vivront plus heureux et, en conséquence, seront plus gras pour l'abattoir. Il se pourrait même que les fermiers par ce moyen puissent ventiler leurs dépenses!

LES SOULÉRIES À L'EAU

Dans le *British Medical Journal*, le Dr R. Emery rapportait récemment le cas de deux femmes hospitalisées pour troubles mentaux et qui, privées d'alcool en institution, tentèrent de se saouler à l'eau, ayant lu quelque article sur cette possibilité. Hélas, les résultats obtenus sont décevants. La première dut arrêter après la modeste consommation de 16 verres, à cause de violents maux de tête, mais la seconde poursuivit jusqu'à être frappée de convulsion et d'un coma qui nécessita une hospitalisation d'urgence. En fait, l'intoxication à l'eau n'est pas un mythe. Une trop forte consommation de ce liquide, qui augmente le volume total du flot

sanguin, conduit à une migration osmotique de ce liquide des vaisseaux vers les tissus cérébraux, aboutissant aux symptômes de la polydipsie (un trouble osmotique généralement provoqué plutôt par une insuffisance de sodium chez les personnes atteintes de troubles rénaux graves). Certes, la polydipsie s'accompagne d'un certain «feeling», mais cette façon économique de se saouler est fortement à déconseiller.

LA SANTÉ COMMUNAUTAIRE ET L'UNIVERSITÉ

L'université et le savoir acceptent parfois de descendre de leur tour d'ivoire pour assister et conseiller ceux qui sont laissés pour compte dans la société, les désavantagés. C'est ainsi que la faculté d'éducation permanente de l'Université de Montréal a travaillé récemment avec la clinique communautaire de la Pointe-Saint-Charles à la production d'un dossier et d'un film sur la santé en milieu défavorisé. Deux documents produits dans des conditions difficiles, à cause des combats à livrer pour vaincre des résistances et des habitudes, surtout dans le clan des universitaires. Ces deux documents-coups de poing intitulés «Vous santé-vous bien dans votre peau?» seraient à voir et à lire, selon des connaisseurs en la matière.

DÉJOUER L'ESTOMAC

Il y a environ trois ans, une technique était mise à l'essai pour vaincre les cas limites d'obésité (ceux qui sont dangereux pour la survie des obèses): la ligature des mâchoires. Les inconvénients directs étaient nombreux (nécessité de ne manger que du liquide; réadaptation nécessaire par la suite) et le succès à long terme incertain (une fois les mâchoires déliées). Le Dr Ward Griffin, de l'Univer-



L'OREILLE VISUELLE

La compagnie Northern Telecom débutera sous peu la production d'un appareil «répondant au nom de «oreille visuelle», un téléphone micro-informatisé qui transforme le langage parlé en langage écrit, ensuite transmis sur un écran vidéo incorporé au téléphone. L'organisme — Ontario Mission of the Deaf (O.M.D.) — qui a conçu l'idée de ce téléphone a reçu le permis de fabriquer, de faire la publicité et de distribuer ce téléphone dont le coût sera d'environ \$350. L'organisme confiera la plupart du travail à la compagnie Bell Northern mais il se propose de faire l'assemblage du téléphone lui-même. Le ministère fédéral des Communications, qui a suivi de près le développement de l'oreille visuelle, croit que cet instrument est le plus avancé en Amérique du Nord, se comparant avantageusement aux modèles japonais et américains plus rudimentaires, déjà disponibles à moindre coût.

sité du Kentucky, vient de trouver mieux: c'est l'estomac qu'il attache. En fait, la couture s'accompagne d'un «raccourci» qui permet aux aliments d'atteindre immédiatement l'intestin. «Un sandwich, et on se sent plein» commente le médecin, dont les 300 patients à ce jour ont perdu en moyenne 20 kilos en trois mois, et plus de 50 kilos dans la première année... sans qu'il n'enregistre de cas de rechute.



EN VRAC



SEXUALITÉ PRÉCOCE ET CANCER

Une Québécoise sur cent est porteuse de lésions pré-cancéreuses du col utérin menant à coup sûr au cancer dans une période de dix ans si elles ne sont pas traitées à temps. Cette moyenne doit être multipliée par dix lorsqu'on parle de femmes de moins de

18 ans ayant eu des relations sexuelles. C'est ce qui ressort d'une étude épidémiologique menée entre 1975 et 1978 par les Drs Bernard Lambert, du département de gynécologie à l'hôpital Sainte-Justine de Montréal, Richard Morissette, bactériologiste à l'Hôtel-Dieu de Montréal, Édouard Kurstak, virologue à l'Université de Montréal, et Pierre Billmans, chercheur à l'INRS. Sans inviter les femmes à la virginité, cette recherche rapporte une étude, portant sur 13 000 religieuses, qui démontrait qu'aucune religieuse n'avait de lésion pré-cancéreuse du col utérin.

LE DIESEL ENCORE MEILLEUR L'HIVER

On a longtemps retardé l'introduction du moteur diesel pour les automobiles, à cause des problèmes de puissance et de démarrage, par temps froid surtout. Maintenant que ces problèmes semblent résolus, c'est paradoxalement en hiver que le diesel pourrait mériter ses plus grands éloges. En voulant vérifier si les essais de consommation d'essence, qui sont presque toujours réalisés en été, pouvaient être extrapolés pour la conduite par temps froid, les chercheurs du Laboratoire de recherche sur la combustion du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources ont en effet établi que si l'économie d'essence que permet le moteur diesel en été (21°C) est de l'ordre de 57 pour cent en moyenne, cette économie grimpe à 82 pour cent en hiver (-12°C). À cette température, le moteur à combustion classique ne répond plus aux normes canadiennes sur l'émission de polluants, alors que le diesel est encore très satisfaisant.

en JUILLET

- 1 André Delisle nous pilotera dans un tour écologique du Québec: celui des centres d'interprétation de la nature et de ce plein-air tant apprécié en cette saison
- 2 Georgette Goupil fait le point sur l'aphasie, cette étrange maladie du langage qui n'a pour responsable que le cerveau
- 3 De retour du pôle nord où il a accompagné les membres de l'expédition Lorex, Claude de Launière nous décrira cette aventure scientifique qui constitue aussi une des études les plus impressionnantes qui soit de la physique de cette région méconnue du globe terrestre, au nord du Canada

1710

NE NOUS CHERCHEZ PLUS ABONNEZ-VOUS

Au tarif de \$17.00* (1 an / 12 numéros), je m'abonne pour années au magazine QUÉBEC SCIENCE.

- abonnement
 réabonnement

COUPON D'ABONNEMENT
(à remplir en lettres MAJUSCULES)

31 nom 60

61 prénom 80

B
7 8

9 numéro rue appartement 28

29 ville 48

49 province ou pays 68

69 code postal 74

- Chèque ou mandat postal ci-joint
 Veuillez me facturer

* Tarif en vigueur jusqu'au 30 juin 1979

Le magazine QUÉBEC SCIENCE, case postale 250, Sillery, Québec, G1T 2R1.

La «bible»
de la santé des Québécois



DEMAIN LA SANTÉ
par Yanick Villedieu,
postface de Fernand Seguin
13,5 x 21,5 cm, 296 pages, index, bibliographie,
ISBN-0-919712-00-2, 4e trimestre 1976, \$8.50

Fernand Seguin, *Prix Kalinga 1978*
«Un volume excellent et
indispensable».

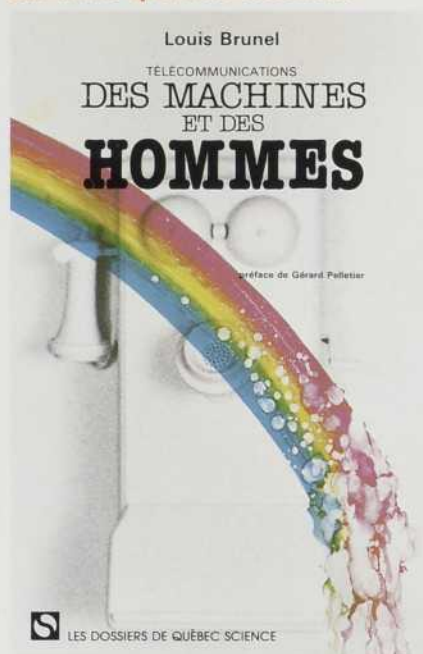
Anne Richer, *La Presse*
«On lit ce qu'on n'osait pas dire
à haute voix».

Marie Laurier, *Le Devoir*
«Quiconque s'intéresse de près ou
de loin à ce problème (la santé)
ne saurait se dispenser de parcourir
cette étude».

Ghyslaine Rheault, *Le Soleil*
«Tous les Québécois ne sont pas
égaux, ni dans la vie, ni dans la mort.
Plusieurs appréhendaient déjà
cette vérité, mais voilà que Yanick
Villedieu en donne la confirmation».

Pierre Sormany, *L'Actualité*
«Un premier bilan vulgarisé de
notre état de santé».

Un livre qui fait réfléchir



Télécommunications:
DES MACHINES ET DES HOMMES
par Louis Brunel,
préface de Gérard Pelletier
13,5 x 21,5 cm, 175 pages, index, bibliographie,
ISBN-0-919712-00-2, 4e trimestre 1978, \$7.50

Jean-Louis Morgan, *ANTENNES*
«Il y a maintes matières à réflexion
dans cette étude, où l'on retrouve
des références, des préoccupations
techniques chères à nos lecteurs
(fibre optique, Symphonie, Antiope,
télédistribution). C'est pourquoi
ce petit ouvrage devrait faire partie
de la bibliothèque de tout Québécois
intéressé aux communications.
Livre à rêver, car derrière les
merveilles que nous promettent les
communications techniques, se
profile le visage d'un Big Brother
bionique qui, déjà, nous catalogue,
nous fiche, nous dicte nos goûts,
nos loisirs, nous fonde dans la
grisaille de l'uniformité, nous
informe de la manière qui convient,
nous abrutit s'il le veut.»

Un livre
d'une actualité criante



FACE AU NUCLÉAIRE
par J.-M. Carpentier, L. de Bellefeuille,
A. Delisle, M. Gauquelin, F. Gruhier,
B. Lévy, F. Picard, G. Provost, J.-P. Rogel,
P. Sormany et Y. Villedieu.
13,5 x 21,5 cm, 320 pages, index, bibliographie,
ISBN-2-920073-00-1, 1er trimestre 1979, \$9.50

Pourquoi le nucléaire?
Quels en sont les risques pour la
santé, l'environnement, la sécurité?
Avons-nous le choix, nous,
Québécois, face au nucléaire?
Comment fonctionne le nucléaire?
Quel est l'état de la recherche en ce
domaine? L'homme se serait-il
donné des outils trop complexes
pour le servir?
Rédigé en termes simples et
accessibles par onze collaborateurs
de QUÉBEC SCIENCE, FACE AU
NUCLÉAIRE est un livre objectif et
complet (le premier livre québécois
sur le sujet rédigé et publié par un
organisme indépendant) qui vous
permettra de faire un choix éclairé
et de participer au référendum de
QUÉBEC SCIENCE sur le nucléaire
au Québec.

Bon de commande

Veuillez me faire parvenir les volumes suivants:

- DEMAIN LA SANTÉ**, Yanick Villedieu, 296 p., \$8.50
 DES MACHINES ET DES HOMMES, Louis Brunel, 176 p., \$7.50
 FACE AU NUCLÉAIRE, collectif, 320 p., \$9.50

- Ci-joint mon paiement au montant de \$
- Veuillez me facturer pour la somme de \$

Nom

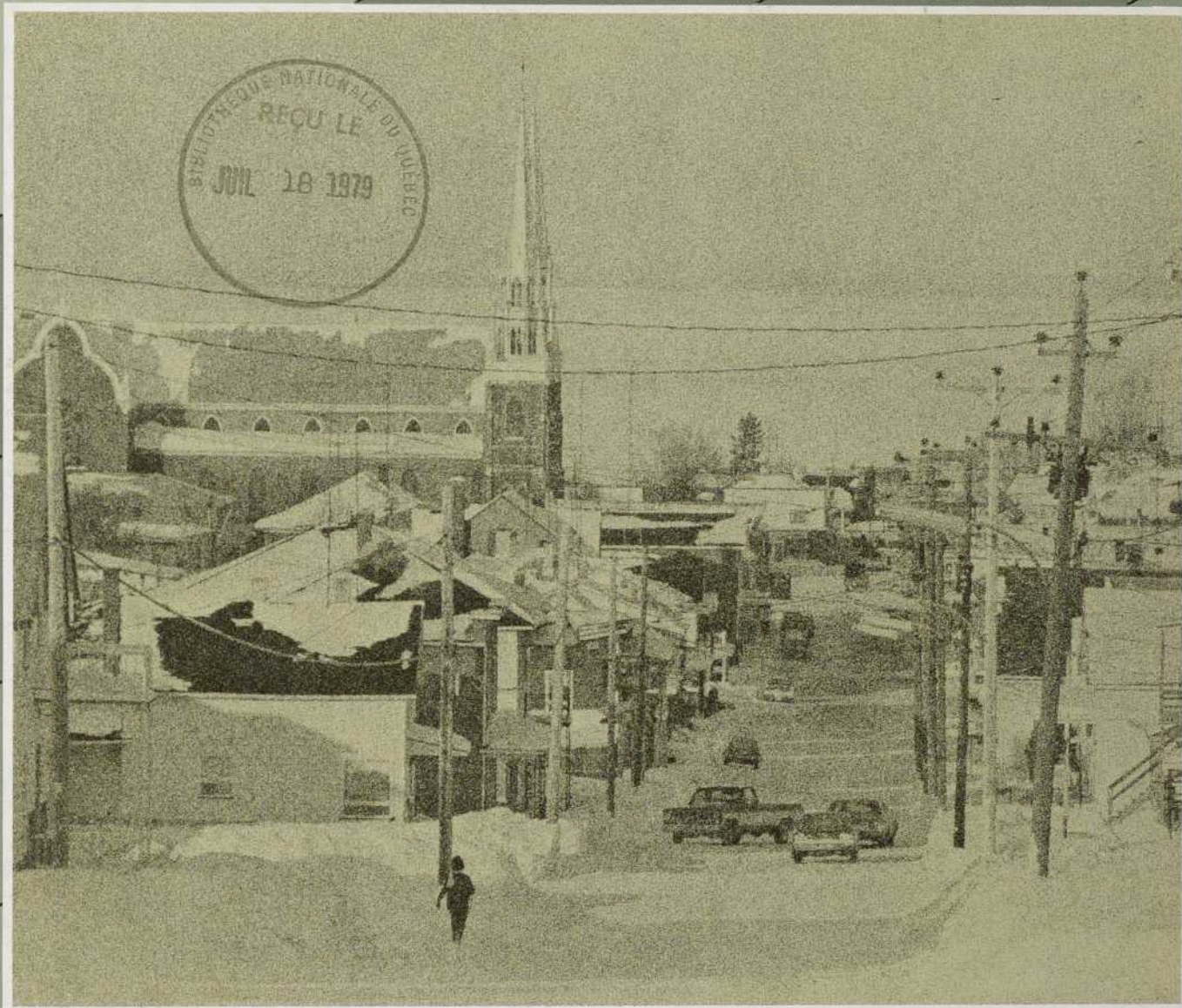
Adresse

Code postal

Téléphone



LES DOSSIERS DE QUÉBEC SCIENCE • C.P. 250, Sillery, Québec, G1T 2R1 Téléphone: (418) 657-2426



Enracinée dans son milieu

Plusieurs programmes d'études et projets de recherche de l'Université du Québec à Chicoutimi s'intéressent aux problèmes particuliers de la région du Saguenay-Lac-St-Jean, du Moyen-Nord et à l'étude des sociétés régionales.

Son axe principal de développement est précisément le Moyen-Nord, ce qui a amené la création d'un centre de

recherche regroupant quatre équipes de chercheurs intéressés par:

- la mise en valeur des ressources minérales;
- l'atmosphère et la climatologie du Moyen-Nord;
- la productivité biologique du Lac St-Jean, du Saguenay et de la Basse-Côte-Nord;
- les aspects socio-économiques du développement régional.

La recherche à l'Université du Québec à Chicoutimi connaît d'ailleurs un essor continu et suscite un intérêt considérable dans la population.

L'année 1979 marque le dixième anniversaire de l'Université du Québec qui, avec des établissements comme l'Université du Québec à Chicoutimi, constitue un instrument original et adapté au mieux-être des Québécois et du Québec.

En disant l'Université du Québec, on parle d'une richesse collective où la qualité de l'enseignement et la pertinence de la recherche contribuent à la conquête du savoir.



Université du Québec